



MIGRACIÓN TELEFONÍA HÍBRIDA A SISTEMA GLOBAL VoIP

Proyecto Fin de Carrera

Autor: **Raúl Ferrero Ferreras**

Tutor: **María Calderón Pastor**

Enero 2016

AGRADECIMIENTOS

A Susana, mi amor,

Por su apoyo incondicional y su dedicación absoluta a cuidarme cuando debía ser ella la que fuera cuidada.

Ojalá pueda compensarte algún día por todo el tiempo que no te he podido dedicar últimamente.

Gracias por animarme siempre a lograr este objetivo.

A Candela,

Mi gran motivación para concluir la carrera. Espero que algún día seas consciente del esfuerzo realizado por tu padre.

A mis padres,

Que tanto esfuerzo físico y económico dedicaron para que sus hijos tuvieran estudios universitarios

y que no cesaron de animarme a dar este último paso.

A mi hermano,

Sé que está muy feliz de que finalmente concluya mis estudios.

A mis abuelos,

Que les hubiera encantado vivir este momento. Ojalá lo puedan disfrutar también.

A mi familia,

Porque todos estarán felices de volver a verme tal como soy, y yo seré feliz de disfrutar de ellos sin tener la mente en otro sitio.

A mis amigos y compañeros,

Por la ayuda prestada, los ánimos y las facilidades concedidas.

A la Universidad y a mi tutora María,

Por animarme a coger este último tren y por su paciencia durante este PFC.

Espero sinceramente que todos se muestren tan orgullosos de mí como yo lo estoy de ellos.

RESUMEN

Hoy en día, las entidades se focalizan cada vez más en las relaciones comerciales, nacionales y sobre todo internacionales, para proyectar su imagen fuera de las fronteras de su país de origen y, en definitiva, para captar nuevos capitales. Posicionar servicios gestionados por tecnologías que actúan sobre las redes de datos agrega notables mejoras a las herramientas que habitualmente se usan en el entorno empresarial, a la par que colabora directamente en el fomento de las relaciones comerciales de las compañías con clientes, proveedores y con otras compañías.

VoIP (*Voice over Internet Protocol*) constituye una poderosa tecnología, que bien planificada e implementada, supone para las compañías que la adopten un ahorro sustancial de recursos económicos. Además, facilita el acceso a un amplio espectro de aplicaciones que posibilitan tomar ventaja estratégica en el mercado e incrementar la satisfacción entre sus clientes y empleados.

El objetivo principal de este Proyecto Fin de Carrera es mostrar todo el proceso necesario para el diseño y migración de un sistema global de telefonía IP en un entorno empresarial distribuido mixto, que combina telefonía tradicional y telefonía IP. Se busca facilitar a los trabajadores de la empresa nuevas funcionalidades en sus comunicaciones que ayuden a cumplir los objetivos demandados por la compañía.

Se estudiarán los requisitos demandados por el cliente y sus motivaciones para actualizar su sistema de telefonía, se analizará su infraestructura de comunicaciones actual, y finalmente se expondrá detalladamente la solución técnica diseñada en base a esos requerimientos, explicando los servicios que se pretenden desplegar y las ventajas de las que puede beneficiarse la entidad para lograr un rendimiento global superior.

Mediante una minuciosa planificación, se desglosará la evolución del proyecto de migración, desde el planteamiento inicial del diseño del nuevo sistema de telefonía hasta su definitivo paso a producción, se presupuestará globalmente la ejecución de la solución propuesta y se analizará la rentabilidad del proyecto para el proveedor de servicios que lo ejecuta, calculando el tiempo estimado para la obtención del retorno de la inversión (ROI - *Return On Investment*).

Finalmente, se plantearán algunas ideas de evolución futura en base al sistema de comunicaciones implementado, que puedan ayudar al cliente final a incrementar sustancialmente el rendimiento de sus empleados mediante una experiencia de uso de la plataforma mejorada, a reducir en mayor medida los costes operacionales de la empresa, a reforzar su posición en el mercado y, en última instancia, a multiplicar sus beneficios.

ABSTRACT

Nowadays, entities are increasingly focused on commercial relationships, national and especially international relationships, to spread its image outside the borders of their country, and eventually for fund raising. Deploying services managed over data network technologies provides important improvements to the frequently used in business environment tools, and contributes directly to the development of commercial relationships of the companies with customers, suppliers and with other companies.

VoIP (*Voice over Internet Protocol*) is for companies taking it a powerful technology that well planned and implemented, it is a solid fund saving. Also, it provides easy access to a broad spectrum of applications giving the ability to take a strategic advantage in the market and to increase satisfaction for both, its clients and its employees.

The main objective of this thesis is to show everything necessary in a process to design and to migrate to a global IP Telephony system on a mixed distributed business environment, which combines classic telephony and IP telephony. It seeks to provide company's workers new features in their communications to help meet the target demanded by the company.

Customer requirements and their reasons to update their telephony system will be studied, current communication infrastructure will be analyzed and finally a detailed technical design based on client requirements will be exposed, explaining services to be deployed and benefits from which company may incur to achieve a higher overall throughput.

Through careful planning, the evolution of the migration project is broken down from the initial approach to the new phone system design to its final deployment in production stage. Implementation of proposed solution will be globally budgeted and there will be studied the profitability from service supplier company implementing the migration project point of view, estimating when investment will be returned to the supplier.

Finally, some ideas will be raised about future evolution of the IP telephony platform based on implemented solution to help customer to get a greatly increase in the performance of their employees through an improved experience using the system, to increase the reduction in operating costs of the company, to enforce their market positioning and ultimately to multiply their profits.

CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CONTENIDOS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS	12
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1 Motivación	14
1.2 Objetivo	15
1.3 Estructura de la Memoria	15
2. ESTADO DEL ARTE	17
2.1 VoIP y ToIP	17
2.2 Telefonía Convencional y Telefonía IP	18
2.3 PBX y PBX IP	22
2.4 Ventajas y Desventajas de VoIP	24
2.4.1 VENTAJAS VOIP	24
2.4.1.1 Ventajas Económicas	25
2.4.1.2 Ventajas Estructurales o Competitivas	27
2.4.2 DESVENTAJAS VOIP	28
2.5 Codecs y Ancho de Banda	28
2.5.1 G.711	30

2.5.2	G.729	30
2.5.3	iLBC	31
2.5.4	GESTIÓN DEL ANCHO DE BANDA	31
2.6	Protocolos de Señalización de VoIP	34
2.6.1	H.323	35
2.6.2	SIP	37
2.6.3	MGCP	40
2.6.4	SCCP	40
2.6.5	QSIG	41
2.7	Tratamiento de la Voz como Datos	41
2.7.1	RIESGOS DE SEGURIDAD PARA LA VOZ EN REDES DE DATOS	42
2.7.2	QoS	43
3.	CASO DE ESTUDIO	47
3.1	Situación Inicial	47
3.1.1	ESCENARIO INICIAL	47
3.1.2	TOPOLOGÍA DE RED	48
3.1.2.1	Topología LAN	48
3.1.2.2	Topología WAN	49
3.1.3	ARQUITECTURA VOIP	49
3.2	Motivación del Cambio y Necesidades del Cliente	54
4.	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	58
4.1	Asunciones y Exclusiones	58
4.2	Escenario Final	58
4.3	Componentes de la Solución	60
4.3.1	CUCM	60

4.3.2	CUC	63
4.3.3	UCCX	63
4.3.4	PLATAFORMA UCS	64
4.3.5	CISCO VOICE GATEWAY	67
4.3.6	GATEWAY ANALÓGICO	68
4.3.7	TELÉFONOS IP	68
4.4	Infraestructura de Red	69
4.4.1	RESTRICCIONES DE SEGURIDAD	69
4.4.2	CONSIDERACIONES LAN	70
4.4.3	CONSIDERACIONES WAN	71
4.5	Diseño de CUCM	74
4.5.1	DISEÑO DE REDUNDANCIA	74
4.5.2	REGIONES	79
4.5.3	LOCALIZACIONES	80
4.5.4	GRUPOS DE FECHA Y HORA	81
4.5.5	GRUPOS DE PRESENCIA	82
4.5.6	MOVILIDAD	83
4.5.7	PLAN DE MARCACIÓN	83
4.5.8	GESTIÓN DE RECURSOS DE MEDIOS	94
4.5.9	COPIAS DE SEGURIDAD	96
4.6	Funcionalidades Adicionales Provistas	96
4.6.1	GESTIÓN MANAGER-ASSISTANT	96
4.6.2	EXTENSION MOBILITY	97
4.6.3	ARCHIVOS LOCALES	97
4.6.4	MARCACIÓN ABREVIADA	97

4.6.5	CONFERENCIAS MEET-ME	98
4.6.6	BULK ADMINISTRATION TOOL (BAT)	98
4.6.7	AUTO REGISTRO DE TELÉFONOS	98
4.6.8	REGISTRO DE LLAMADAS	98
4.7	Diseño de la Estructura de Gateways	99
4.8	Diseño de CUC	106
4.9	Diseño de UCCX	109
4.9.1	FLUJOGRAMA HELP DESK IT	112
4.9.2	FLUJOGRAMA SERVICIO ATENCIÓN RR.HH	113
4.10	Monitorización de la Plataforma	115
5.	GESTIÓN DEL PROYECTO	118
5.1	Resumen del Alcance del Proyecto	118
5.2	Fases del Proyecto de Migración	118
5.2.1	ETAPA I. INICIO DEL PROYECTO	119
5.2.2	ETAPA II. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	120
5.2.3	ETAPA III. EJECUCIÓN DEL PROYECTO	123
5.2.3.1	Asunciones de la Ejecución del Proyecto	123
5.2.3.2	Acciones Previas	124
5.2.3.3	Configuración en Staging	124
5.2.3.4	Implantación y Despliegue	125
5.2.3.5	Formación	127
5.2.3.6	Piloto de la Migración	127
5.2.3.7	Migración	129
5.2.3.8	Pruebas de Aceptación y Marcha Atrás	131
5.2.4	ETAPA IV. HAND OVER, DOCUMENTACIÓN, RECICLAJE Y CIERRE DEL PROYECTO	132
5.2.5	PLANIFICACIÓN TEMPORAL	133
6.	PRESUPUESTO	139
6.1	Presupuesto Total	139

6.2	Cálculo del ROI-----	141
7.	LÍNEAS DE EVOLUCIÓN-----	147
7.1	Comunicaciones Unificadas-----	147
7.2	Securización de la plataforma-----	148
7.3	Tarificador-----	149
7.4	Monitorización global de la plataforma-----	150
8.	CONCLUSIONES-----	151
	ANEXO I: EQUIPAMIENTO-----	152
	ANEXO II: PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA-----	157
	ANEXO III: PRESUPUESTO DEL PROYECTO FIN DE CARRERA-----	159
	GLOSARIO-----	160
	BIBLIOGRAFÍA-----	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Conmutación de circuitos vs Conmutación de paquetes	21
Figura 2: Interacción PBX IP [23]	23
Figura 3: Transporte de voz sobre Ethernet [1]	33
Figura 4: Trama de voz sobre Ethernet	33
Figura 5: Compresión de encabezamiento RTP	34
Figura 6: Escenario típico con gateway H.323 [1]	37
Figura 7: Interacción entre servidores SIP [1]	39
Figura 8: Funcionamiento SCCP [4]	40
Figura 9: Buffer corrector de Jitter [26]	44
Figura 10: Descarte de paquetes por jitter [26]	44
Figura 11: Clasificación de tráfico	45
Figura 12: CoS - Marcado de paquetes	46
Figura 13: LLQ [7]	46
Figura 14: Red de área local en sedes principales	48
Figura 15: Arquitectura de voz inicial	54
Figura 16: Arquitectura de voz propuesta	60
Figura 17: Distribución clusters de CUCM	61
Figura 18: Integración Gateway Analógico y ToIP [3]	68
Figura 19: Autenticación LDAP de usuarios en aplicaciones de ToIP [18]	79
Figura 20: Formato número E.164	88
Figura 21: Prefijos del número E.164	89
Figura 22: Extensión vs External Phone Number mask	89
Figura 23: Funcionamiento de IPMA [2]	97
Figura 24: Selección de ruta en CUCM	102
Figura 25: Selección de ruta hasta la PSTN	105
Figura 26: Selección de ruta hasta la red GSM	105
Figura 27: Arquitectura de CUC	106
Figura 28: Arquitectura UCCX	109
Figura 29: Generación de informes históricos	111
Figura 30: Diagrama de flujo de Operadora Automática	112
Figura 31: Diagrama de flujo de Help-Desk IT	113
Figura 32: Diagrama de flujo de servicio de RR.HH	114
Figura 33: Monitorización en tiempo real de CUCM - Cuadro de mando	116
Figura 34: Monitorización en tiempo real de CUC - Cuadro de mando	117
Figura 35: Etapas del proyecto de migración	118
Figura 36: Tareas del proyecto de migración. Dedicación por perfiles	134
Figura 37: Diagrama temporal del proyecto de migración	137
Figura 38: Evolución del beneficio acumulado el primer año	144
Figura 39: Evolución del beneficio acumulado en años sucesivos	145
Figura 40: Evolución porcentual del beneficio neto	146
Figura 41: Evolución porcentual del beneficio neto (Detalle)	146

<i>Figura 42: Esquema lógico de sistema de comunicaciones unificadas</i>	147
<i>Figura 43: UCS C220 M3S</i>	152
<i>Figura 44: Switch Catalyst C3560X 24 puertos PoE</i>	152
<i>Figura 45: Gateway de voz C2921</i>	153
<i>Figura 46: Tarjetas VWIC3 de 1x puerto E1 y 2x puertos E1</i>	153
<i>Figura 47: Módulos PVDM3 de DSPs con 32x canales y 64x canales</i>	154
<i>Figura 48: Gateway analógico VG310</i>	154
<i>Figura 49: Teléfonos IP C7942 y C7962</i>	154
<i>Figura 50: Teléfono IP para conferencias C8831</i>	155
<i>Figura 51: Teléfono IP Wireless C7925</i>	155
<i>Figura 52: Teléfono IP C7962 con doble módulo de expansión C7915 y soporte DOUBLFOOTSTANTD</i>	156
<i>Figura 53: Teléfono IP C7962 con módulo de expansión simple C7915 y soporte SINGLFOOTSTANTD</i>	156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: MOS	29
Tabla 2: Características de los codec más usados en VoIP [20]	30
Tabla 3: Ancho de banda de los codec [1]	34
Tabla 4: Protocolos H.323	35
Tabla 5: Protocolos H.323 TCP y UDP	36
Tabla 6: Distribución inicial de trabajadores	47
Tabla 7: Correspondencia entre sedes	48
Tabla 8: Plan de numeración inicial	50
Tabla 9: Distribución de teléfonos por sede	53
Tabla 10: Distribución de máquinas virtuales por host	66
Tabla 11: Modelos sustitutivos de terminales	68
Tabla 12: Ancho de banda de señalización por sede	73
Tabla 13: Redundancia de servidores CUCM	75
Tabla 14: Distribución de teléfonos por servidor CUCM en cluster CM1	76
Tabla 15: Distribución de teléfonos por servidor CUCM en cluster CM2	77
Tabla 16: Relación entre sede y servidores TFTP	78
Tabla 17: Relación de usuarios en CUCM con atributos LDAP [18]	78
Tabla 18: Uso de codec entre sedes	80
Tabla 19: Ancho de banda según codec usado	80
Tabla 20: Reserva de ancho de banda por sede	81
Tabla 21: Grupos Fecha/hora	81
Tabla 22: Privilegios de los grupos de presencia	82
Tabla 23: Relación CSS y Partición	85
Tabla 24: Extensiones por sede tras migración	90
Tabla 25: Plan de numeración tras migración	93
Tabla 26: Plan de numeración UK	93
Tabla 27: Distribución de gateways de voz por sede	100
Tabla 28: Capacidad E1s según modelo gateway de voz	100
Tabla 29: Distribución de E1s por gateway de voz	101
Tabla 30: Grupos de rutas definidos en CUCM	103
Tabla 31: Listas de rutas definidas en CUCM	104
Tabla 32: Redundancia en cluster VM1	107
Tabla 33: Principales características de los buzones de voz	108
Tabla 34: Restricciones de CUC (I)	108
Tabla 35: Restricciones de CUC (II)	109
Tabla 36: Redundancia en cluster CCX1	110
Tabla 37: Coste equipamiento	140
Tabla 38: Coste servicios profesionales	141
Tabla 39: Coste de los empleados imputable al proyecto	143
Tabla 40: Evolución del beneficio del proyecto durante el primer año	143

<i>Tabla 41: Evolución del beneficio del proyecto en años sucesivos.....</i>	<i>144</i>
<i>Tabla 42: Datos de evolución beneficio neto</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 43: Planificación temporal del PFC</i>	<i>158</i>

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

Desde hace algunos años, las empresas están migrando progresivamente a sistemas de telefonía IP para sustituir los obsoletos sistemas de telefonía convencional basada en TDM (*Time Division Multiplexing*), haciendo de la VoIP una destacada tendencia tecnológica. Se considera que las aplicaciones de negocio en las que interviene como elemento clave la voz estarán basadas en tecnología VoIP, pues la telefonía tradicional, con un conjunto limitado de funcionalidades, podría comprometer la eficiencia y la productividad de una compañía.

Las ventas de sistemas tradicionales de voz quedarán reducidas a ampliaciones del sistema implantado actualmente en algunas compañías, mientras que las nuevas adquisiciones serán sistemas VoIP o sistemas híbridos capaces de soportar tanto tecnología tradicional TDM como VoIP. El retorno de esta inversión suele producirse en un corto plazo, normalmente inferior a un año, independientemente de que el coste de adopción podría resultar no inferior e incluso ligeramente superior al coste de un sistema de telefonía tradicional durante el primer año, dependiendo de cómo los usuarios adopten las nuevas funcionalidades que esta tecnología aporta.

La decisión de migrar a VoIP es una decisión más basada en las necesidades del negocio que en las necesidades de la tecnología.

Algunas de estas necesidades de negocio que focalizan la inversión en VoIP estarían orientadas a conseguir que los empleados puedan hacer el mismo trabajo de forma más rápida y sencilla, asegurando el acceso a los datos y la privacidad de los datos, mejorando la rentabilidad, reduciendo costes y finalmente mejorando la satisfacción global del cliente. Además, habría que tener en cuenta la previsión de crecimiento o expansión de la compañía para tener una idea formada del conjunto de usuarios que harán uso de la plataforma.

Las organizaciones fijarán un objetivo de rentabilidad y planificarán una inversión en la infraestructura de red adecuada.

A lograr estos objetivos influye necesariamente la calidad de la voz en las comunicaciones y la cada vez más demandada interoperabilidad de voz y aplicaciones de datos, telefonía y ordenadores, plataformas tradicionalmente separadas por completo, fuente de una importante reducción de costes. Es por ello que los proveedores de equipamiento han acelerado la fabricación de soluciones VoIP que soporten a esas aplicaciones de datos.

El primer paso para acometer una migración a tecnología VoIP es preguntarse qué necesitan los trabajadores de una compañía en cuanto a información y comunicación con otros empleados para lograr el éxito, cualquiera que sea el rol que desempeñen dentro de la organización y cualesquiera que sean las necesidades inherentes a cada uno de esos roles [25].

Una vez claras las necesidades de los empleados, se pueden comenzar a tomar decisiones al respecto de qué infraestructura, aplicaciones y herramientas ayudarán a la empresa a competir y destacar en el mercado, entendiendo por infraestructura el conjunto de componentes básicos de una red de telecomunicaciones: terminales, trunks, telefonía IP completa o híbrida,...

Apoyada en la infraestructura se presenta la capa de Comunicaciones Unificadas con aplicaciones que ayudarán a soportar las necesidades de cada rol definido en la estructura empresarial de la compañía. Características como gestión de movilidad, gestión de presencia o colaboración son ejemplos del valor añadido que pueden aportar esas aplicaciones. En las Comunicaciones Unificadas todos los sistemas y dispositivos de comunicación de una empresa se encuentran completamente integrados, posibilitando que los usuarios puedan mantenerse en contacto con cualquier persona de la compañía, donde quiera que esté y en tiempo real.

Cuando tanto la infraestructura como las aplicaciones están perfectamente definidas, se puede valorar la necesidad de integración de las Comunicaciones Unificadas con modelos de planificación y gestión de procesos del negocio, tales como ERP (*Enterprise Resource Planning*) o CRM (*Customer Relationship Management*).

1.2 Objetivo

La finalidad de este trabajo es plantear la secuencia de tareas necesarias para migrar a una solución global de telefonía IP, partiendo de la base de un sistema de comunicaciones obsoleto instalado en una compañía cliente con varias delegaciones.

Se persigue mejorar el rendimiento global de la entidad y de sus empleados mediante la adopción de comunicaciones más eficientes y menos costosas.

Las tareas necesarias para lograr este propósito, así como las fases y procesos involucrados en el desarrollo de este proyecto, serán detallados en diferentes secciones a lo largo de esta memoria.

1.3 Estructura de la Memoria

El documento está estructurado en diferentes bloques principales:

- **Estado del Arte**

Introducción de los principales conceptos tecnológicos presentes en este proyecto a modo base teórica:

- VoIP y ToIP
- Telefonía convencional y Telefonía IP
- PBX (*Private Branch eXchange*) y PBX IP
- Ventajas y desventajas de VoIP
- Codecs y ancho de Banda
- Protocolos de señalización de VoIP
- Tratamiento de la voz como datos

- **Caso de Estudio**

Contextualización del escenario a migrar, visión general de la arquitectura de comunicaciones del cliente y análisis de las motivaciones que favorecen una actualización de su plataforma.

- **Diseño de la Solución Propuesta**

Descripción detallada de la solución técnica propuesta y de las decisiones de diseño adoptadas como respuesta al estudio de requisitos y necesidades del cliente, y exposición de los beneficios que se pueden obtener mediante su despliegue.

- **Gestión del Proyecto**

Planificación del ciclo de vida del proyecto de migración a ToIP (*Telephony over Internet Protocol*), introduciendo las principales etapas por las que transcurre y detallando las tareas más destacadas en cada una de ellas.

- **Presupuesto**

Determinación del importe total al que asciende la ejecución del trabajo desempeñado por la empresa integradora de sistemas y cálculo del punto de retorno de la inversión, que determina el momento desde el que el proyecto comienza a ser rentable para la compañía proveedora de servicios que lo ejecuta.

- **Líneas de Evolución**

Recomendación sobre posibles líneas de trabajo a seguir y futuras inversiones en la plataforma de comunicaciones, para obtener un rendimiento global óptimo que permita a la compañía cliente reforzar su imagen de marca y competir en el mercado.

- **Conclusiones**

Exposición de las principales reflexiones motivadas como consecuencia de la evolución del proyecto.

- **Glosario y Referencias**

Relación interpretativa de acrónimos y enumeración de las principales fuentes consultadas para la elaboración de este documento.

2. ESTADO DEL ARTE

A continuación se introducirán las tecnologías y conceptos más destacados que facilitarán la comprensión de este trabajo.

2.1 VoIP y ToIP

La tecnología VoIP se compone de un conjunto de normas y protocolos capaces de digitalizar las señales de audio analógicas de una conversación telefónica, convirtiéndolas en paquetes de datos, para trasmitirlas a un destino concreto a través de una red de datos mediante el protocolo IP. En resumen, es el vehículo de transporte de la voz de una llamada telefónica.

Previamente existía VoFR (*Voice over Frame Relay*) que usaba los circuitos privados Frame Relay, circuitos alquilados y compartidos, para la transmisión de voz, con lo cual se trabajaba con caudales de información garantizados extremos a extremo.

VoIP permite la unión de dos mundos históricamente separados, el de la transmisión de voz y el de la transmisión de datos.

Es capaz de transformar una conexión estándar a internet en una plataforma para realizar llamadas por internet. Al transmitir la voz en forma de paquetes binarios a través de una red de datos, las llamadas se abaratan pudiendo incluso resultar gratuitas. La red de datos que transporta paquetes de voz puede ser pública (internet) o privada (red de área local corporativa), en lugar de las infraestructuras conmutadas, analógicas (RTC – *Red Telefónica Conmutada*) o digitales (RDSI) de las operadoras, con teléfonos DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*) y con las tradicionales líneas analógicas con un par de hilos de cobre.

VoIP es la primera piedra sobre la que se construye el edificio de la telefonía IP y todos sus servicios, posibilidades y ventajas.

ToIP, protocolo avanzado de telefonía sobre IP, es el servicio que se puede dar utilizando VoIP y se refiere a la infraestructura, sistemas, hardware y servicios necesarios para construir un entorno de comunicaciones IP basado en la tecnología VoIP.

La telefonía IP utiliza la VoIP para que sistemas de telefonía como centralitas IP, también conocidas como PBX IP, sean capaces de transmitir llamadas mediante el protocolo internet o permitan la conexión entre oficinas remotas con múltiples trabajadores. Además de propiciar la transmisión de la voz, ToIP añade algunas funcionalidades avanzadas útiles como retrolamada o identificación de llamante. Se sirve para ello de protocolos como H.323 o SIP, diseñado específicamente para transmitir voz y disponer de funciones avanzadas de telefonía.

Pero no sólo se procesan llamadas desde centralitas IP. VoIP permite realizar llamadas desde cualquier dispositivo informático con un procesador, conexión a internet, capacidad de almacenamiento, memoria y sistema operativo, que mediante la instalación de un software para tratamiento de llamadas VoIP, puede convertirse en un aparato capaz de realizar llamadas a través de la red, puenteando a las compañías tradicionales de telefonía, y por

consiguiente, sus tarifas. Los smartphones y tablets de hoy en día son dispositivos muy indicados para hacer uso de VoIP.

Existe una amplia oferta de aplicaciones para VoIP, muchas veces descargables de la red y gratuitas, dependiendo del número de líneas simultáneas que se precisen y de las prestaciones del terminal.

La proliferación de las conexiones de banda ancha unida a una electrónica de red avanzada (switches, routers y servidores) han propiciado una gran mejora en la calidad de las comunicaciones VoIP respecto a la pobre calidad ofrecida en el pasado, cuando las conversaciones por VoIP adolecían de calidad suficiente, estando afectadas por continuos retardos y ecos. Actualmente se puede considerar una tecnología madura, preparada para su adopción masiva, que ha permitido la creación de infraestructuras de red robustas capaces de hacer frente a fenómenos típicos como latencia o *jitter*.

Sin ir más lejos, las operadoras de telefonía convencional utilizan los servicios VoIP para transmitir llamadas de larga distancia y reducir costes. Transmitiendo las llamadas por internet el coste ya no depende de la ubicación del emisor y/o del receptor.

Es seguro que en un futuro no muy lejano desaparecerán por completo las líneas de teléfono convencionales que usamos habitualmente y serán remplazadas por telefonía IP.

2.2 Telefonía Convencional y Telefonía IP

Los sistemas de telefonía convencional se basan en una tecnología muy simple denominada *conmutación de circuitos*, usada por las operadoras tradicionales desde hace más de un siglo.

Cuando se emite una llamada, la conexión se mantiene activa durante todo el tiempo que se prolongue la comunicación. Se habla de *circuito* porque la conexión se establece entre dos puntos y en ambas direcciones, es decir, conexión full dúplex.

Las fases que definen el funcionamiento de una llamada en un sistema de telefonía convencional son:

1. Se descuelga el teléfono y se escucha tono de marcado. De ese modo sabemos que existe una conexión con el operador local de telefonía.
2. Se marca el número de teléfono con el que se desea contactar.
3. La llamada se transmite a través de la central telefónica del operador local apuntando hacia el teléfono marcado.
4. Se crea un enlace entre el teléfono llamante y el llamado. En este proceso, el operador de telefonía utiliza varias centrales de conmutación para lograr conectar las dos líneas, pudiendo pasar a su vez por varios operadores.
5. El teléfono de destino suena y se contesta la llamada. En ese momento se establece la conexión que cierra el circuito. Esta comunicación se establece con un coste asociado (*quantum*) que se intercambian los operadores para mantener operativos los sistemas de telefonía RTC.

6. La conversación fluye durante un tiempo determinado y finalmente la parte llamante o la parte llamada cuelgan el teléfono. Los minutos que dura la llamada son los que facturan los operadores por utilizar su sistema. Es un modelo de pago por uso.
7. En ese instante el circuito se abre automáticamente, liberando todas las líneas que intervinieron en la comunicación.

En la actualidad, la infraestructura de las comunicaciones públicas conmutadas consiste en una variedad de diferentes redes, tecnologías y sistemas, muchas de ellas basadas en estructuras de conmutación de circuitos.

Sin embargo, la tecnología evoluciona hacia redes basadas en paquetes, y los proveedores de servicio necesitan interconectar sus clientes sin perder la fiabilidad, conveniencia y funcionalidad de las redes telefónicas públicas conmutadas.

Teniendo en cuenta el mismo par de teléfonos analógicos de la llamada de telefonía convencional explicada con anterioridad, y suponiendo que ambas partes (llamante y llamado) están suscritas a un servicio de VoIP y tienen conectados sus terminales a un dispositivo ATA (*Analog Telephone Adaptor*), las fases que definen el funcionamiento de una comunicación mediante telefonía IP son:

1. Se descuelga el teléfono, enviándose así una señal al ATA.
2. El ATA recibe la señal y envía un tono de llamada simulando el tono enviado en telefonía convencional, y de ese modo, se sabe que hay conexión a internet.
3. Se marca el número de teléfono del receptor. Los números son convertidos a señal digital por el ATA y almacenados temporalmente.
4. Los datos del número telefónico son enviados al proveedor de VoIP, cuyos servidores informáticos revisan el número marcado completo para asegurarse que está en un formato válido y determinan el camino para enviar la llamada según el prefijo, necesario también para tarificar.
5. El proveedor determina a quién corresponde este número y lo transforma en una dirección IP.
6. El proveedor conecta los dos dispositivos que intervienen en la llamada. En la otra punta, una señal es enviada al ATA de destino, para que este envíe a su vez otra señal que haga sonar el teléfono de destino.
7. Cuando se descuelga el teléfono en el destino se establece una comunicación entre los ATA de las partes llamante y llamada, y por lo tanto, entre los dos teléfonos analógicos. Así pues, cada sistema está esperando recibir paquetes del otro sistema. La infraestructura de internet maneja los paquetes de voz de la comunicación de la misma forma que haría con conexiones de datos, como pueden ser un email o una página web. Se implementan dos canales, uno para cada sentido de la comunicación, es decir, conexión half dúplex. Lógicamente cada sistema debe respetar un *handshaking*, o lo que es lo mismo, ambos sistemas deben estar funcionando bajo las reglas determinadas por el mismo protocolo para poder comunicarse.

8. La conversación fluye durante un tiempo determinado, y ambos sistemas, el originario de la llamada y el destinatario, transmiten y reciben paquetes entre sí.
9. Finaliza la llamada cuando una de las partes cuelga el teléfono. En ese momento el circuito se abre.
10. El ATA envía una señal al proveedor de VoIP informando que la llamada ha concluido.

La telefonía IP resulta más económica que la telefonía convencional porque optimiza mucho mejor los recursos y precisa de menos mantenimiento. Para entenderlo mejor, a continuación explicamos algunos de los costes que implica una comunicación telefónica convencional, es decir, una comunicación por conmutación de circuitos:

a) Desde comienzos de la telefonía convencional (1960) cada llamada debe tener un cable dedicado uniendo los dos extremos de la comunicación, el origen y el destino de la llamada, durante todo el tiempo que dura la conversación. Las centrales telefónicas del operador de telefonía conectan cables a lo largo de todo el recorrido para establecer un camino entre origen y destino. Las comunicaciones a larga distancia resultaban extremadamente caras.

Hoy en día las comunicaciones telefónicas son mucho más eficientes, y por eso son menos costosas. La voz se digitaliza y viaja junto a multitud de señales de voz por cables de fibra óptica por la mayor parte del trayecto.

Solamente existe un tramo de cable dedicado, conocido como última milla o bucle de abonado, que es precisamente el que conecta a cada abonado, ya sea residencial o corporativo, con la central telefónica. Las conexiones entre los abonados y las centrales telefónicas forman la red de acceso. Las conexiones entre centrales forman la red de transporte.

Aunque la última milla es la parte de las infraestructuras de la red de un operador que tiene el coste más alto, requiere menos recursos y mantenimiento que una comunicación por conmutación de circuitos.

b) Sin considerar la compresión de los datos, si supusiéramos que por la fibra óptica se transmite la información a una velocidad (calidad a fin de cuentas) ejemplo de 64kbps por cada sentido de la comunicación, tenemos 128 kb totales transmitidos por cada segundo que permanece establecido el circuito. En una conversación de 10 minutos se consumirían 76800 kb, o lo que es lo mismo 9600 KB, casi 10 MB.

Cabe destacar que mucha de esta información transmitida es malgastada.

No es habitual que en una conversación ambos interlocutores hablen a la vez, por lo que cuando una de las partes habla, la otra escucha, y sólo la mitad de la conexión está en uso en un momento dado. Podemos deducir que se podría reducir el tamaño de la conversación a justo la mitad, manteniendo la misma calidad de la comunicación.

Además, parte de la comunicación consta de tiempos muertos, que son los tiempos en los que ninguna de las dos partes está hablando. Eliminando estos tramos sin discurso se reduciría aún más el tamaño de la

conversación, enviando sólo paquetes en los momentos en los que se produce sonido en lugar de mantener una conexión constante enviando una cadena continua de bits compuesta por silencio y sonido.

Es lo que se conoce como intercambio de paquetes o *conmutación de paquetes*, y es la base de las redes IP, con internet como máximo referente, y base por lo tanto de la comunicación VoIP.

Se establecen pequeñas conexiones, lo suficientemente extensas como para enviar pequeñas porciones de información denominadas paquetes desde un sistema a otro:

1. El sistema originario de la comunicación (ATA, IP Phone, PC,...) divide la información que envía en pequeños paquetes, con una dirección de destino que indica a los dispositivos de red intermedios dónde entregarlos.
2. En el interior de cada paquete está la voz, porción de la información que se está enviando.
3. El sistema emisor envía un paquete al router más cercano y se olvida del mismo. Este router más cercano envía el paquete a otro router que se encuentre aún más cerca del destino, y ese router se lo envía a otro que se encuentra todavía más cerca del destino, y así sucesivamente se van replicando los paquetes de información con la voz hasta llegar al sistema receptor.
4. Cuando el sistema receptor (ATA, IP Phone, PC,...) recibe los paquetes, que pueden haber tomado caminos completamente diferentes para llegar al mismo destino, usa las instrucciones almacenadas en el interior de los paquetes para restablecer los datos a su estado original y transformarlos de nuevo en un flujo de voz.
5. El intercambio de paquetes es muy eficiente pues además de permitir a la red enviar los paquetes a lo largo de las rutas menos congestionadas, también libera recursos de los sistemas origen y destino de forma que pueden aceptar nueva información proveniente de otros sistemas.

La figura 1 ofrece una perspectiva visual muy clara de la diferencia entre ambos tipos de conmutación:

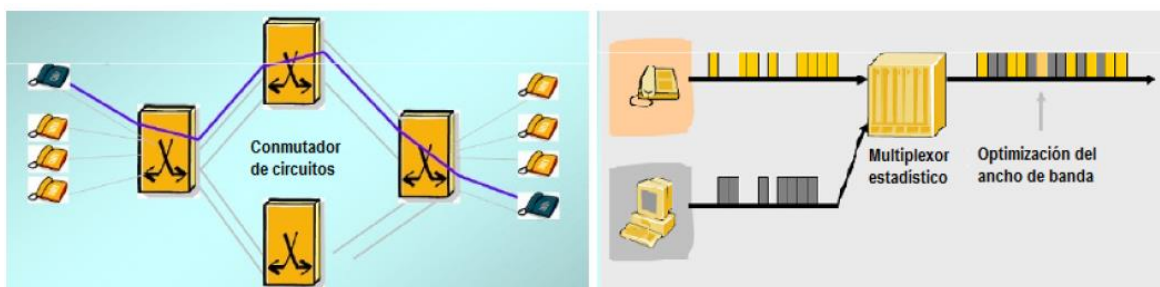


Figura 1: Conmutación de circuitos vs Conmutación de paquetes

Existen diversos dispositivos que pueden originar llamadas mediante VoIP:

1. ATA: Este adaptador permite conectar teléfonos comunes usados en la telefonía convencional a la red IP para utilizarlos con VoIP. Actúa básicamente como un transformador de analógico a digital. Toma la señal de la línea telefónica tradicional y la convierte en datos digitales listos para ser transmitidos por internet. Algunos proveedores de VoIP incluyen en sus ofertas de forma gratuita estos adaptadores junto con sus servicios. Los ATA suelen estar preconfigurados y preparados para funcionar.
2. Teléfonos IP, también llamados *hardphones* o *deskphones*: Estos teléfonos a primera vista son como los teléfonos convencionales, sin embargo, en lugar de tener una clavija RJ-11 para conectar a las líneas de teléfono convencional, los teléfonos IP incluyen una clavija RJ-45 para conectar directamente al router de la red. Por otra parte, tienen todo el hardware y software necesario para manejar correctamente las llamadas VoIP.
También existe la posibilidad de usar terminales móviles con WiFi, muy extendidos aquellos con sistemas operativos Android o iOS, que permiten llamadas VoIP siempre que exista conectividad a internet.
3. Ordenador, también denominado *softphone*: Es la manera más sencilla de usar VoIP. Todo lo que se necesita es un micrófono, altavoces y una tarjeta de sonido, además de una conexión a internet de banda ancha y un software de telefonía IP. Independientemente de las distancias entre las partes llamante y llamada, no existe cargo alguno por este tipo de comunicaciones, a excepción del coste asociado al servicio de internet.
4. Centralita IP: Es la opción más normal cuando se trata de instalar telefonía IP en una empresa. Contiene procesadores específicos llamados DSP (*Digital Signal Processor*), que convierten la voz analógica a digital y tratan adecuadamente esos datos digitales. Una opción recomendable es la central híbrida pues permite la integración de todo tipo de terminales y líneas (analógicas, digitales, IP,...)

2.3 PBX y PBX IP

Una PBX es una central telefónica privada utilizada normalmente dentro de una empresa. Los usuarios de la PBX comparten un número definido de líneas telefónicas para poder realizar llamadas externas.

Las extensiones internas de la compañía se conectan a la central PBX, que al mismo tiempo, las conecta con la red telefónica pública conmutada (PSTN), con troncales SIP y con proveedores de VoIP.

Las PBX van evolucionando hacia PBX IP, que son centrales telefónicas basadas en software que facilitan el acceso a varias funcionalidades y servicios que son normalmente complicados de conseguir mediante una centralita propietaria tradicional.

Una red telefónica PBX IP está compuesta por varios teléfonos IP, un servidor haciendo las veces de centralita IP y gateways de voz, también conocidos como routers de voz. Estas centralitas IP conmutan llamadas locales sobre la red de datos de una entidad, y permiten que todos los usuarios compartan las mismas líneas telefónicas PSTN externas mediante la acción de los gateways de voz. Los teléfonos se registran en el servidor de centralita, y cuando desean realizar una llamada, le solicitan que establezca la conexión. El servidor posee un directorio de todos los teléfonos y usuarios, y su correspondiente dirección IP. Así pues, puede conectar una llamada interna, encaminar una llamada externa hacia el gateway de voz o hacia un proveedor de servicios VoIP [23].

En la figura 2 podemos ver una representación esquemática de la interacción de la centralita PBX IP con el resto de dispositivos del sistema de comunicaciones:

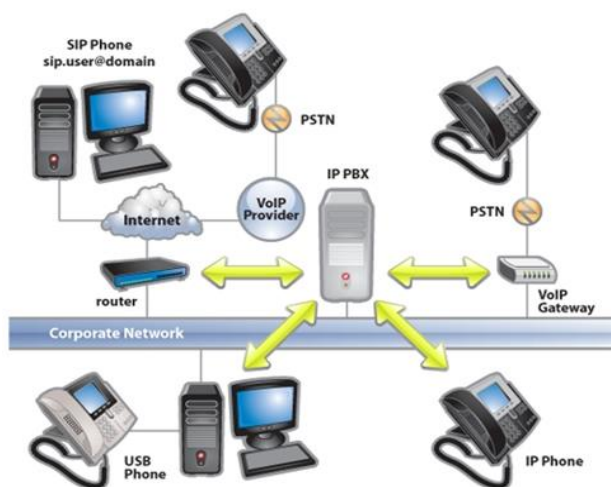


Figura 2: Interacción PBX IP [23]

Existe una serie de beneficios que aporta una PBX IP sobre una PBX tradicional:

- a) Simplicidad de instalación respecto a una central telefónica propietaria.

PBX IP se ejecuta como software en un ordenador personal o en un servidor aprovechando su potencia de procesamiento y su interfaz gráfica GUI (*Graphic User Interface*). Una PBX IP puede ser instalada por cualquier persona con conocimientos de redes y computadores mientras que una PBX propietaria requiere de personal instalador especializado.

- b) Simplicidad de administración y configuración gracias al interfaz web.

Las centrales tradicionales suelen tener unos interfaces típicamente diseñados para uso exclusivo de técnicos de telefonía.

Las compañías amortizarían el rol de los administradores de la red de telecomunicaciones, pues si la voz discurre por los enlaces de datos, podría ser un puesto que perdiera contenido.

Por muchos años este rol consistió en asegurar una mínima calidad en los servicios de voz cada vez que algún trabajador de la compañía o algún cliente descolgaban el teléfono, independientemente de que los terminales o las PBX añadieran nuevas funcionalidades. Estos administradores lograban el objetivo usando diferentes técnicas, como pueden ser la aplicación de enrutamientos eficientes, la negociación de contratos con las compañías de telecomunicaciones, el establecimiento de VPNs (*Virtual Private Network*) cuando fuera necesario o el uso adecuado de VLANs (*Virtual Local Area Network*). Estas capacidades deben ser ahora absorbidas por los administradores de la red de datos.

c) Escalabilidad.

Las centrales propietarias precisan adquirir costosos módulos hardware de líneas telefónicas o extensiones en el caso de que su capacidad se vea superada, llegando incluso a la necesidad de adquirir una nueva centralita.

d) Mejor servicio al cliente y productividad.

Es posible integrar funciones telefónicas y aplicaciones de negocio posibilitando algunas acciones como:

- Apertura automática del registro del cliente que está llamando, ofreciendo al receptor de la llamada toda la información necesaria para atender rápida y correctamente al emisor de la llamada.
- Emisión de llamadas salientes directamente desde el directorio del cliente de correo electrónico.

e) Muchas más funcionalidades presentes y de manera más económica.

Al estar basada en software, los desarrolladores tienen la capacidad de agregar y mejorar funcionalidades de forma más o menos sencilla. Contestador automático, correo de voz, colas de llamadas o informes avanzados son ejemplos de funcionalidades costosas para las centralitas propietarias.

f) Movilidad.

Con las PBX tradicionales se requiere la reconexión de la extensión que está en itinerancia a su nueva ubicación. Es algo solventado en PBX IP mediante funcionalidades como Extension Mobility que, mediante un sencillo proceso de autenticación, permite a un usuario identificarse en cualquier terminal de la compañía (teléfono IP o softphone) y cargar un perfil de usuario que incluye la extensión telefónica habitual, el buzón de voz personal y todas las funcionalidades personalizadas asociadas al usuario.

g) Mejor control gracias a mejores informes.

En PBX IP se almacena la información de las llamadas en una base de datos alojada en el propio servidor, permitiendo la generación de informes muy completos del tráfico y del coste de las llamadas de manera sencilla.

2.4 Ventajas y Desventajas de VoIP

Como toda evolución tecnológica, VoIP ofrece muchas ventajas pero también algún pequeño inconveniente que a buen seguro se irá subsanando a corto plazo.

2.4.1 VENTAJAS VOIP

VoIP aporta a las compañías un importante conjunto de beneficios y capacidades útiles que podemos clasificar en ventajas económicas y ventajas estructurales o competitivas.

2.4.1.1 VENTAJAS ECONÓMICAS

a) La más importante es el coste de las llamadas.

Una llamada usando VoIP será en la mayoría de los casos mucho más barata que usando la telefonía convencional, pues se utiliza la misma red para la transmisión de datos y voz. Resulta muy ventajoso para empresas con varias sucursales. Normalmente llamadas y transferencias entre dos teléfonos IP serán gratis pero las llamadas desde un teléfono IP a uno convencional serán cargadas al IP.

Se pueden usar las infraestructuras de los operadores de telefonía IP del país en el que se encuentre una empresa para evitar el *roaming* inherente a la facturación de la telefonía móvil, con la importante reducción de costes de movilidad internacional que implica.

El ahorro final dependerá del tipo de llamadas y de la cantidad de llamadas que se realizan. Especialmente significativa es la reducción de costes en llamadas internacionales. Si atendemos a llamadas nacionales, el ahorro no estará tan relacionado con la tarifa de las llamadas, sino con otros factores que detallamos a continuación:

b) La mayor parte de operadores VoIP ofrecen gratuitamente servicios adicionales que los operadores de telefonía convencional suelen tarificar aparte:

- Identificación de llamada
- Llamada en espera con MoH (*Music on Hold*)
- Transferencia de llamadas
- Llamada a tres

c) Nuevas posibilidades añadidas a la respuesta a una llamada:

- Desvío de llamada a un teléfono particular
- Desvío de llamada al buzón de voz
- Ofrecer tono de ocupado
- Reproducir mensaje de fuera de servicio

d) Uso de electrónica de red gestionada.

Normalmente los usuarios finales entienden como entidades completamente diferenciadas la voz y los datos, y sus expectativas al respecto de la calidad de la voz son mucho más altas que las esperadas con la calidad y la velocidad de los datos.

La electrónica de red que sustenta los despliegues de sistemas de telefonía IP permite establecer una única arquitectura convergente, pues permite prescindir del cableado de puertos de telefonía y sus costes de

tendido y mantenimiento asociados, evitando la instalación de cableado por duplicado como ocurre con los sistemas de telefonía convencional. Como los paquetes de voz son transmitidos sobre la red de datos, los puertos de datos usados para conectar equipos a la red son suficientes para dar cobertura a telefonía y datos, pues los teléfonos IP disponen de doble conexión, una hacia el ordenador y otra hacia la red. Evitar el soporte de dos infraestructuras independientes supone a las compañías un importante ahorro de costes y mayor simplicidad en el uso de herramientas de gestión de la red, algo que puede ser crucial en compañías con reducidos departamentos IT.

Hay que destacar que este tipo de electrónica de red debe pasar completamente desapercibida para el usuario final, algo que no se lograría si la calidad de la voz no resulta ser al menos la misma que la obtenida con sistemas de telefonía tradicionales. Así pues, aunque las instalaciones de telefonía IP se benefician de usar un único cable para conectar todo, hay que usar segmentaciones de la red mediante VLAN o técnicas de QoS (*Quality of Service*), para separar convenientemente los paquetes de voz de los de datos, priorizando los primeros frente a los segundos.

e) Ahorro en líneas telefónicas.

Con telefonía IP se contratan números, no líneas. En España, una línea analógica cuesta unos 15€ y un acceso básico RDSI, formado dos líneas, unos 30€. Un número de telefonía IP costaría unos 6€.

f) Centralización de la gestión de los teléfonos.

Se evita tener centralitas y líneas repartidas por cada delegación. Esto supone:

- Menos equipamiento y menos mantenimiento.
Como máximo se necesitarían un par de centralitas en dos localizaciones si se pretende un sistema HA (*High Availability*).
- Optimización de líneas.
En bastantes ocasiones hay líneas infrautilizadas distribuidas por diferentes delegaciones. Con telefonía IP, todas las oficinas estarán interconectadas mediante circuitos de datos IP, como pueden ser internet, VPN, radio o fibra óptica.
- Las centrales IP admiten telefonía inalámbrica mediante soluciones DECT.
Un solo repetidor DECT en una estancia remota conectado a la oficina central podría dar cobertura a distintos teléfonos inalámbricos, sin necesidad de contratación de nuevas líneas o de instalar una centralita en esa estancia remota.

g) Tecnología perdurable en el tiempo.

Aporta la base sobre la que se soportan modernos dispositivos y aplicaciones como smartphones, tablets, SIP trunks, soluciones de operadora automática (*Auto-Attendant*), sistemas IVR (*Interactive Voice Response*), sistemas ACD (*Automatic Call Distribution*) de los contact center o los servicios web en los terminales IP.

h) Ahorro en recursos humanos atendiendo a las llamadas.

Permite la deslocalización de la recepción y emisión de las llamadas, pudiendo centralizar recursos en determinadas delegaciones según sus zonas horarias o en localizaciones menos costosas salarialmente hablando.

2.4.1.2 VENTAJAS ESTRUCTURALES O COMPETITIVAS

Son ventajas no tan evidentes como las económicas y no directamente aplicables a la cuenta de resultados, pues no hay una factura que las justifique.

a) Más y mejor servicio de atención al cliente y fidelización.

Disponer de diversas oficinas geográficamente dispersas provoca dispersión en la gestión y organización de horarios del personal de atención al cliente, ampliando así el tiempo disponible acumulado de atención al cliente.

Siempre que se pueda identificar al interlocutor, mediante el uso de operadoras virtuales se puede guiar al cliente hacia la atención personalizada que necesite, atendiendo a aspectos como la hora a la que llama, el día que llama, el teléfono desde el que llama o el tipo de contrato de mantenimiento. Estas operadoras virtuales incluyen calendarios globales con los festivos de cada zona geográfica y tienen conexión a diferentes bases de datos para realizar las consultas necesarias.

b) Presencia internacional virtual.

Permite integrar números IP de cada país bajo una misma centralita, se tenga o no presencia física en aquel país. De ese modo, se produce una reducción del coste de las llamadas de los clientes internacionales a las oficinas centrales.

c) Facilita el empleo de teletrabajadores y colaboradores.

El trabajador remoto puede disponer de una extensión de la oficina, ofreciendo siempre imagen corporativa. Se agiliza el trabajo con colaboradores externos y teletrabajadores pues se facilita su localización, aumentando su disponibilidad. La propia centralita de las oficinas centrales podría estar configurada para transferir llamadas a estas personas dependiendo del horario de trabajo que tengan, y en función de la zona geográfica en la que se encuentren.

El hecho de que se puedan realizar llamadas VoIP desde cualquier punto con conectividad a internet resulta muy ventajoso para las personas que viajan mucho.

d) Es la base sobre la que se sustentan las Comunicaciones Unificadas.

Proporciona aplicaciones que aportan valor añadido a una llamada telefónica de voz, como mensajería unificada, gestión de presencia, conferencias, multitud de opciones en los desvíos de llamada, etc. La integración de todas estas aplicaciones con la telefonía para su uso extensivo es lo que se denomina Comunicaciones Unificadas.

2.4.2 DESVENTAJAS VoIP

Debido a algunas limitaciones tecnológicas aún se puede hablar de algunos problemas en el uso de VoIP. Seguramente la constante evolución de la tecnología solucionará estas limitaciones en breve:

a) VoIP requiere conexión de banda ancha.

Las conexiones por módem no permiten una conversación fluida VoIP. No obstante, apenas quedan conexiones de este tipo debido a la expansión de las redes de banda ancha.

b) VoIP precisa de conexión eléctrica.

La mayoría de teléfonos convencionales, excepto los inalámbricos, siguen funcionando en el caso de que suceda un corte eléctrico, pues simplemente necesitan para funcionar un cable telefónico. No ocurre lo mismo con los terminales IP.

c) Gestión de las llamadas a los servicios de emergencias.

La telefonía IP usa direcciones IP para identificar a un número telefónico determinado. El problema es que no se puede asociar una dirección IP a un área geográfica. Cada ubicación geográfica presenta un número de emergencias particular, luego no es posible relacionar un número de teléfono con su correspondiente sección del servicio de emergencias 112. En el futuro será necesario incorporar información geográfica dentro de los paquetes de transmisión de VoIP.

d) La calidad de servicio de VoIP se ve afectada por la calidad de la línea de datos.

La calidad VoIP puede verse afectada por latencia (retardo en el tiempo de respuesta) o pérdida de paquetes, llegando a distorsionar o a cortar las conversaciones telefónicas. Es indispensable para que VoIP funcione adecuadamente contar con estabilidad en la red y con calidad en la línea de datos.

e) El uso de softphone podría afectar a la calidad de la comunicación.

Si hay una llamada en curso y en un momento determinado se abre un programa que consume el 100% de recursos de CPU, la calidad de la conversación se vería comprometida, pues el procesador estaría trabajando a tiempo completo al máximo de sus posibilidades.

f) VoIP es susceptible a virus, gusanos y hacking.

Afortunadamente la encriptación de datos está cada vez más avanzada para evitar este tipo de problemas.

2.5 Codecs y Ancho de Banda

La esencia de VoIP es la conversión de señales entre analógico y digital.

Los codec (*COder-DECoder*) convierten una señal de audio analógica a un formato de audio digital listo para su transmisión. Más tarde la convierten de nuevo a un formato de señal de audio descomprimido para su reproducción. La mayoría de conversiones toma como base la modulación PCM (*Pulse-Code Modulation*), que se compone de tres fases perfectamente diferenciadas: muestreo, cuantificación y codificación.

Los codec operan desde algunos equipos de ToIP como los gateways de voz, gracias a la acción de DSPs, o los teléfonos IP, usando algoritmos avanzados para tomar muestras de la señal de voz miles de veces por segundo, ordenarlas, comprimirlas y empaquetarlas, ayudando a la optimización del uso del ancho de banda disponible. Las conversaciones de voz tradicionalmente consumen 64 Kbps del ancho de banda de una red. Cuando los DSPs comprimen y digitalizan ese tráfico, se puede reducir el tamaño de las llamadas hasta 5,3 Kbps. Así, para un ancho de banda determinado se podrán cursar más llamadas adicionales. La esencia de la compresión reside en la eliminación de los datos redundados.

Cada codec presenta un grado de compresión de datos diferente, y por ello ofrece una diferente calidad del sonido. Cuanto más se comprime una señal, más recursos deben consumir los DSP de los gateway de voz y más complejo resultará el codec.

Existen diferentes frecuencias de muestreo en función del codec usado. Esas pequeñas muestras se convierten en información digital comprimida preparada para ser transmitida.

Los paquetes de voz, compuestos por muestras de la voz propiamente dicha y por un encabezado que incluye los datos de los protocolos usados para la transmisión (IP, UDP y RTP - *Real-time Transport Protocol*), se separan entre ellos milésimas de segundo. El tamaño del encabezado es constante dependiendo del tipo de conexión usada (LAN- *Local Area Network* o WiFi), y en general es bastante mayor que el tamaño de los propios datos de voz transportados. Si se aumenta el tamaño de la porción de datos de voz, se incrementa la latencia y se pueden provocar ecos.

Cuando en el destino se reconstruyen los millares de piezas de información, los trocitos de audio que se pierden resultan imperceptibles al oído humano, y el resultado es una sucesión continua de audio.

Los codec pueden ser clasificados según diferentes características, como son su tasa de transferencia de bits (bit-rate), la calidad resultante del audio codificado, su complejidad o el retardo que introducen.

A la hora de elegir un codec de audio en implementaciones de VoIP es importante tener en cuenta el consumo de ancho de banda, la calidad de la voz y el consumo de recursos de la CPU. Como orientación se puede usar el factor MOS (*Mean Opinion Score*) para evaluar la calidad general de un codec. En la tabla 1 se clasifican las diferentes calidades de la voz a las que atiende el factor MOS:

Puntuación	Escala de Opinión (MOS)	Esfuerzo para escuchar
5	Excelente	Relajación posible, sin esfuerzo
4	Buena	Atención necesaria, ningún esfuerzo apreciable
3	Justa	Esfuerzo moderado
2	Pobre	Esfuerzo considerable
1	Mala	No se entiende con un esfuerzo razonable

Tabla 1: MOS

Se pueden consultar algunos de los codec más empleados actualmente en la tabla 2:

FORMATO	CREADOR	COSTE	FRECUENCIA DE MUESTREO	BIT RATE	LATENCIA	MOS	ANCHO DE BANDA ETHERNET (Kbps)
G.711	ITU-T	Gratuito	8 kHz	64 kbps	$\approx \mu\text{s}$	4.1	90.4 Kbps
G.723.1	ITU-T	Pago	8 kHz	6.3 kbps	37.5ms	3.9	21.9 Kbps
G.726	ITU-T	Gratuito	8 kHz	32 kbps	$\approx \mu\text{s}$	3.85	55.2 Kbps
G-729	Digium	Pago	8 kHz	8 kbps	15ms	3.92	34.4 Kbps
iLBC	Global IP Solutions	Gratuito	8 kHz	15 kbps	20 - 30ms	4.14	27.7 Kbps

Tabla 2: Características de los codec más usados en VoIP [20]

Las opciones son variadas pero algunos de los codec más representativos en VoIP se presentan a continuación:

2.5.1 G.711

Estándar de codificación de audio desarrollado por la ITU (*International Telecommunication Union*) que toma 8000 muestras/seg [11]. Su MOS es 4.1. Fue liberado en 1972, por lo que es gratuito y carece de licencia, permitiendo su libre uso en aplicaciones VoIP. Su implementación es sencilla y no necesita una gran potencia de la CPU para ofrecer una excelente calidad de audio [28].

Presenta dos variantes geográficas en función del tipo de muestreo de la señal (logarítmico o lineal):

-u-law (PCMU): usado en Estados Unidos, Canadá y Japón. Corresponde con el estándar T1.

-a-law (PCMA): usado en Europa y el resto del mundo. Corresponde con el estándar E1.

Como no utiliza compresión, ofrece la más alta calidad de voz en ambos extremos. Por el contrario, consume mucho ancho de banda en comparación con otros codec, por lo que si cualquiera de las partes no tiene suficiente ancho de banda la voz puede entrecortarse. Ofrece un alto rendimiento en redes LAN, donde existe suficiente ancho de banda disponible. Muy usado con softphones.

2.5.2 G.729

Aunque normalmente sea un codec de pago, es probablemente el más utilizado para comunicaciones VoIP, pues se incluye en la mayoría de teléfonos IP que encontramos en el mercado. Sin embargo, no ocurre lo mismo para softphones y se hace necesario adquirir una licencia. Al no tratarse de un codec libre, exige para su uso que los dos extremos de la llamada dispongan de su licencia.

También presenta 8000 muestras/seg, pero en este caso sí aplica compresión. En destino se decodifica la información y se sintetiza el audio para imitar al sonido original, algo que provoca degradación en la calidad de la voz, que suena algo más metálica. Su MOS es 3.92 y mantiene un buen equilibrio entre un reducido consumo de ancho de banda y una óptima calidad de audio [12].

Ofrece un servicio sólido con un nivel bajo de pérdida de paquetes. Es ideal para realizar llamadas de VoIP a través de la red pública, pues en el espacio de una llamada que use G.711 se pueden realizar hasta 8 llamadas codificadas en G.729.

2.5.3 iLBC

Internet Low Bitrate Codec. Fue desarrollado por Global IP Solutions, empresa posteriormente comprada por Google. Aun así es gratuito. Ofrece niveles de calidad de voz superiores al codec G.729 con un reducido consumo de ancho de banda.

Para ofrecer estas prestaciones utiliza algoritmos muy complejos y necesita consumir gran cantidad de recursos de la CPU, algo que resulta un problema a la hora de mantener numerosas llamadas al mismo tiempo.

La pérdida de paquetes cuando se usa este codec es imperceptible para el usuario. Esta solidez postula a iLBC como una buena opción para redes vulnerables a pérdidas, como son las redes conectadas por puntos WiFi. También es muy popular su uso en el softphone Google Talk.

2.5.4 GESTIÓN DEL ANCHO DE BANDA

La política de codecs de audio que se aplique en el diseño del servicio VoIP, es decir, la elección de los codecs empleados en cada situación, determinará las prestaciones del sistema, sus necesidades de ancho de banda y su capacidad.

En condiciones normales, el equipo origen y el equipo destino negociarán el codec más avanzado que ambos soporten. Se puede hacer una analogía con la resolución de la imagen de una cámara digital. A mayor compresión, menor nitidez de la imagen. En VoIP, a mayor compresión, menor calidad del sonido.

La mayoría de los dispositivos son capaces de manejar varios codec. Sirvan a modo de ejemplo la relación de codecs soportados por algunos equipos del fabricante Cisco:

-ATA: G.723.1, G.711a, G.711u y G.729

-Teléfono IP C-796X: G.711a, G.711u, G.729

-DSP de los gateway de voz: G.711a, G.711u, G.723(r5.3), G.723(r6.3), G.726(r16), G.726(r24), G.726(r32), G.729.

Es fundamental minimizar el *transcoding*, que es la conversión de un codec de audio a otro. Se trata de un proceso que irremediablemente añade retardo a la comunicación y consume ciclos de procesador en el servidor que actúa como centralita IP. Su uso excesivo, y la carga adicional de procesamiento que supone esta técnica, pueden ser muy perjudiciales para el sistema de telefonía IP.

Uno de los factores imprescindibles a tener en cuenta cuando se diseña e implementa un servicio de VoIP es la gestión de la capacidad de la red, y más concretamente el cálculo del ancho de banda necesario para obtener una buena calidad de voz.

El ancho de banda total necesario para una comunicación se calcula con la cantidad máxima de conversaciones simultáneas requeridas más un 30% de seguridad. Para el cálculo se debe tener en cuenta la velocidad de subida y no la de bajada ofrecida por el proveedor de servicios de internet.

En las ofertas de los ISP (*Internet Service Provider*) se suele ofrecer una caudal expresado en bit/seg (bps) y no en bytes/seg que es la unidad en la que los navegadores muestran las velocidades de la descarga de contenidos. Así, 1 Mbps en realidad equivale a 125 KB. Además, en sus ofertas no garantizan el total del ancho de banda contratado, sino que suelen entregar entre un 70-80 % del total ofertado debido a limitaciones de tráfico.

Para calcular la cantidad de llamadas simultáneas que se pueden hacer por un determinado enlace habría que tener en cuenta los siguientes factores:

- Ancho de banda entregado por el ISP
- Codec usado
- Tipo de conexión usada para la llamada (LAN o WiFi)

En general, para mantener una conversación con excelente calidad se debe contar con un ancho de banda de 20 a 25 KB por canal de llamada. Precisamente el codec G.711 requiere 25KB/canal usado. Si se oferta un ancho de banda de 1Mbps se podrán cursar como máximo 4 llamadas simultáneas: $(125 \text{ KB}/25\text{KB/canal}) * 80\% = 4$.

Si se usa WiFi la cantidad de llamadas se reduce bastante, porque además del encabezado LAN en los paquetes existe un encabezado WiFi, cuyo tamaño varía en función de la distancia al *hotspot* o del tipo de protocolo WiFi que se use.

Puesto que para enviar voz por las redes de datos hay que paquetizar la información, el ancho de banda requerido para su transmisión va a depender de la sobrecarga que generen estos paquetes.

Por la propia naturaleza del tráfico de voz y su sensibilidad a los retardos en el tiempo, la solución más lógica para transportar la voz es usar UDP/IP, pues UDP es un protocolo no orientado a conexión y que tampoco presenta control de flujo ni confirmación de entrega de paquetes. Además el IETF (*Internet Engineering Task Force*) adoptó RTP como protocolo estándar para envío de voz en tiempo real o datos muy sensibles a los retardos.

En definitiva, para el transporte de la voz a través de redes de paquetes se utiliza el protocolo RTP, que está encapsulado sobre segmentos UDP que a su vez están encapsulados sobre paquetes IP. Finalmente IP viaja en la LAN sobre tramas Ethernet. Se puede apreciar esta secuencia de encapsulamientos en la figura 3:

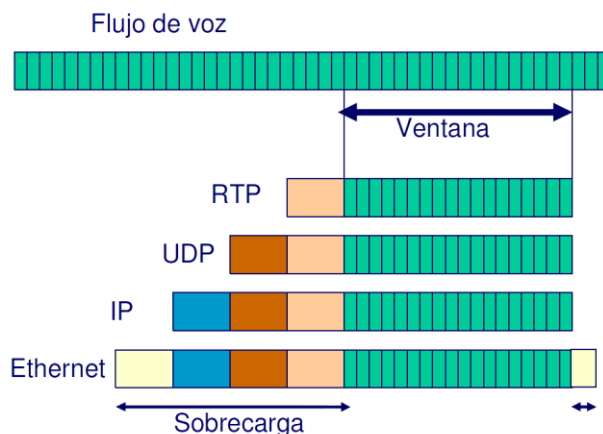


Figura 3: Transporte de voz sobre Ethernet [1]

Esta suma de protocolos hace que el ancho de banda requerido para el transporte de voz sobre Ethernet sea bastante mayor que el ancho de banda del audio.

Los paquetes de voz suelen durar unos 20-30 mseg en función del codec usado en la comunicación. Conociendo que los paquetes se transmiten con esa cadencia podemos calcular el ancho de banda requerido por cada codec.

Para un codec G.711 a-law, que tiene 64 Kbps como bit-rate, y tomando una ventana de 20 mseg se obtienen 160 bytes de voz en cada trama, como se aprecia en la figura 4:

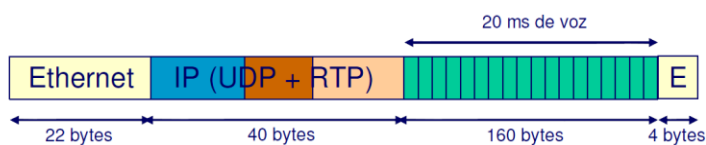


Figura 4: Trama de voz sobre Ethernet

$$\text{Bytes voz/trama} = (64 \text{ kbps} * 20 \text{ mseg}) / 8 = 160 \text{ bytes}$$

Los encabezados del paquete IP y de la trama Ethernet aportan 66 bytes más al paquete de voz.

Por lo tanto, cada 20 mseg se generan 226 bytes a enviar por la LAN. Equivale a un ancho de banda de 90,4 Kbps.

$\text{BW LAN} = 226 * 8 / 20 \text{ mseg} = 90,4 \text{ kbps}$. Es el ancho de banda para un único sentido (canal) de la comunicación.

Parece evidente que el ancho de banda de la voz paquetizada en la LAN depende del tamaño de la ventana y el codec usado. Se puede ver más claro en la tabla 3:

Tipo de Codec	Duración de Trama (ms)	Bytes de voz/Trama	Bytes de paquete IP	Bytes de trama Ethernet	Ancho de Banda en LAN (Kbps)
G.711 (64 kb/s)	10	80	120	146	116,8
	20	160	200	226	90,4
	30	240	280	306	81,6
G.729 (8 kb/s)	10	10	50	76	60,8
	20	20	60	86	34,4
	30	30	70	96	25,6
G.723.1 (6.3 kb/s)	30	24	64	90	23,9
G.723.1 (5.3 kb/s)	30	20	60	86	22,9

Tabla 3: Ancho de banda de los codec [1]

La compresión de los datos de voz puede permitir un ahorro del ancho de banda consumido. Esto es especialmente interesante en los enlaces de poca capacidad, pues permite tener un mayor número de conexiones de VoIP simultáneas. También se pueden comprimir los encabezamientos de cada paquete de voz mediante la técnica conocida como cRTP (*RTP Header Compression*), logrando reducciones del ancho de banda de hasta el 50% en algunos codec.

Partiendo de la base de que la mayoría de la información contenida en los encabezados IP/UDP/RTP es estática, una vez ambos extremos son conocedores de la información, cRTP deja de enviar esa información produciéndose el ahorro de ancho de banda, tal como queda representado en la figura 5:

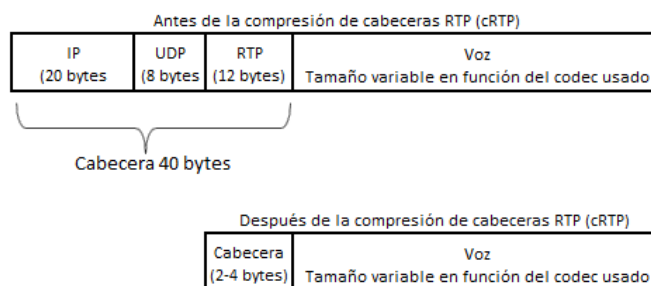


Figura 5: Compresión de encabezamiento RTP

Otra manera de ahorrar ancho de banda es usando técnicas VAD (*Voice Activity Detection*) para la supresión de los silencios en el discurso, mediante las cuales se evita enviar paquetes de voz entre silencios en conversaciones humanas. Se consiguen ahorros en el ancho de banda de hasta el 35%, siempre que por los enlaces en cuestión circulen al menos 24 llamadas simultáneas. Las técnicas VAD trabajan junto a CNG (*Comfort Noise Generation*), que genera un ruido de fondo para que no se confunda el silencio con una desconexión de la llamada.

2.6 Protocolos de Señalización de VoIP

Se refieren a un conjunto de reglas estandarizadas útiles para asegurar un intercambio fiable de transacciones y señales de control entre terminales, a través de distintos canales de comunicación.

Los protocolos usados en VoIP son estandarizados por grupos de trabajo como IETF o ITU, y definen especificaciones para los codec de audio y la manera en que estos se conectan entre sí y hacia otras redes usando

la tecnología VoIP. Se encargan de aspectos como la localización de un terminal, el establecimiento y la liberación de llamadas y la negociación de diferentes parámetros a través de una red VoIP.

Los protocolos de señalización suelen diferenciarse por su arquitectura y por cómo gestionan el control de una llamada, por lo que uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la VoIP es la compatibilidad de los protocolos a escala global. Llamadas VoIP entre diferentes redes pueden presentar problemas cuando interactúan diferentes protocolos, llegando incluso al bloqueo de comunicaciones entre usuarios VoIP que manejan diferentes protocolos.

A continuación se introducen algunos de los protocolos más usados en VoIP:

2.6.1 H.323

Es una recomendación global de la ITU-T (*International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization*) que define un conjunto de estándares y especificaciones para que diferentes dispositivos sean capaces de proveer comunicación visual, de audio y datos, es decir, comunicación multimedia, en tiempo real sobre una red de paquetes que no garantiza calidad de servicio [14].

A pesar de ser un protocolo antiguo, es el protocolo más definido y el más usado por muchas aplicaciones. Su filosofía es mantener la compatibilidad con las versiones previas del protocolo, generando estabilidad. No fue expresamente ideado para VoIP, sino que fue pensado originalmente para transporte de videoconferencias, por lo que adolece de cierta flexibilidad.

La recomendación establece los estándares usados para la señalización de las llamadas, para los mensajes de control, para los codecs de audio y video y para el intercambio de datos entre los terminales.

H.323 se apoya en varios protocolos recogidos en la tabla 4:

Protocolo	Función
H.225	Señalización de control de llamada
RAS	Registro, Admisión y Estado de funciones
Q.931	Señalización de inicio de llamada
H.235	Protocolo de seguridad
H.245	Capacidad de negociación
H.450	Servicios suplementarios
H.246	Interoperabilidad con redes de circuitos conmutados
H.26X	Codecs de video
G.7XX	Codecs de voz

Tabla 4: Protocolos H.323

Como vemos en la tabla 5 estos protocolos se establecen tanto en redes que garantizan la entrega de paquetes como en redes que no lo hacen:

TCP - Entrega Confiable		UDP - Entrega no Confiable		
H.245	H.225		Flujos Audio/Video	
	Control Llamada	RAS	RTCP	RTP
TCP		UDP		
IP				
Capas Física y de Enlace de Datos				

Tabla 5: Protocolos H.323 TCP y UDP

El canal de señalización de H.323 establece conexiones con otro terminal H.323 usando funciones definidas por H.225, que aplica los mensajes descritos en la recomendación Q.931, usada en RDSI.

Los principales mensajes definidos en Q.931 son [9] [13]:

- *Inicio (SETUP)*: Intento de establecer una llamada desde una entidad H.323 origen a otra destino.
- *Seguimiento de llamada (PROGRESS)*: la entidad destinataria envía este mensaje a la de origen para indicar que se inició el seguimiento de la llamada.
- *Alerta (ALERT)*: lo envía la entidad llamada para indicar que el dispositivo destinatario está sonando.
- *Conectar (CONNECT)*: lo envía la parte llamada para indicar que la llamada se ha contestado.
- *Liberación completa (RELEASE COMPLETE)*: lo envía la entidad que inició la desconexión de forma que la llamada es liberada.

Los codec de audio admitidos por H.323 son G.711a, G.711u, G.722, G.723(r5.3), G.723(r6.3) o G.729. Al menos los dos primeros deben ser soportados por cada terminal H.323, siendo el resto de codecs de soporte opcional según el dispositivo.

El intercambio de capacidades de cada terminal, es decir, el tipo de codec usado en el establecimiento de una comunicación de audio con otro terminal, se negocia según la recomendación H.245, por el canal de control de llamadas. El audio generado es formateado según la recomendación H.225, utilizando RTP y RTCP (*Real Time Control Protocol*).

La recomendación H.245 define además mensajes de control de flujo y la apertura y cierre de canales lógicos, que son los puertos RTP. Los terminales mantendrán un canal de control H.245 abierto por cada llamada en la que estén participando.

La negociación H.245 comienza una vez se ha establecido el canal de señalización H.323.

La recomendación H.323 define algunos dispositivos como los terminales H.323 y los gateways H.323:

- Terminales H.323

Pueden ser aplicaciones informáticas usando las capacidades multimedia de los ordenadores personales (altavoces, micrófono,...) o elementos físicos muy similares a cualquier teléfono, pero actuando como teléfonos multimedia IP.

Todo terminal debe tener al menos un codec de audio y debe soportar obligatoriamente comunicaciones de voz y opcionalmente de video y datos. Un terminal H.323 puede establecer comunicaciones de datos con otro terminal H.323 mediante canales de datos unidireccionales o bidireccionales para el intercambio de documentos.

Estos terminales se identifican en la red mediante un *alias*, de igual manera que los terminales de telefonía convencional lo hacen mediante su número de teléfono.

- Gateways H.323

Elementos opcionales de la recomendación que interconectan la red H.323 con otros sistemas de comunicaciones, típicamente la PSTN o redes SIP. Adaptan audio, video, datos y señalización entre ambas redes de manera transparente a los usuarios.

Son dispositivos opcionales porque los terminales H.323 pueden comunicarse con otros terminales de la misma red de forma directa, sin la acción de los gateways. Sólo si se precisa una comunicación con terminales externos a la propia red es necesaria la acción de los gateways. De cara a la red H.323, el gateway presenta características de un terminal H.323 más, pero de cara a la PSTN presenta características de un terminal telefónico.

La figura 6 muestra el escenario tipo cuando se trabaja con pasarelas H.323:

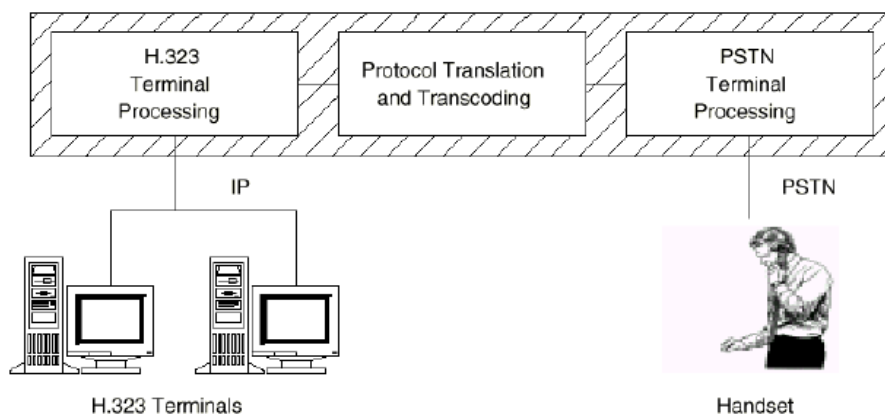


Figura 6: Escenario típico con gateway H.323 [1]

2.6.2 SIP

SIP (*Session Initiation Protocol*) es un protocolo de señalización desarrollado por el grupo MMUSIC (*Multiparty Multimedia Session Control*) del IETF, muy abierto, flexible, eficiente y fácil de implementar, específicamente diseñado para VoIP. Describe las comunicaciones necesarias para establecer, modificar y terminar sesiones multimedia, incluyendo llamadas VoIP, así como las necesarias para el registro de terminales en el elemento de control, típicamente una centralita IP. Resulta similar a protocolos del tipo del protocolo HTTP, pues los mensajes SIP se basan en el mismo esquema de autenticación *Request-Response*, en donde cada sesión SIP o intercambio de información multimedia se inicia mediante un mensaje tipo *Request* al destinatario, que contesta con un mensaje tipo *Response*.

Al contrario que H.323, que ofrecía compatibilidad con versiones previas del protocolo, SIP no la asegura. Otra importante diferencia entre ambos protocolos es que aunque H.323 se desempeña con mensajes codificados de forma binaria, SIP está basado en texto plano (ASCII), por lo que es un protocolo fácilmente interpretable. No obstante, consume más ancho de banda que H.323 y requiere un mayor tiempo de procesado.

SIP toma ventaja de protocolos existentes para manejar ciertas partes del proceso de la comunicación multimedia y, por lo tanto, para componer una comunicación plena que, por sí solo, como protocolo de control, no es capaz de establecer. Uno de estos protocolos es SDP (*Session Description Protocol*), que compartiendo con SIP el formato textual, determina las variables necesarias para el establecimiento de una comunicación multimedia (direccionamiento, codecs usados, puertos,...) y su contenido. Además, dirige la negociación entre dispositivos SIP para el establecer cada sesión SIP [17].

SIP es un protocolo fiel a una arquitectura tipo Cliente-Servidor, en el que los mensajes SIP, *request* solicitadas por el cliente o *responses* enviadas por el servidor, se pueden enviar sobre TCP o sobre UDP.

Soporta cinco elementos funcionales para establecer y terminar comunicaciones multimedia:

- Localización de usuarios
- Intercambio/Negociación de capacidades de los terminales
- Disponibilidad de los usuarios
- Establecimiento de llamada
- Mantenimiento de llamada

Los principales dispositivos que define el protocolo son los terminales SIP, servidores SIP y gateways SIP:

- Terminales SIP

Los terminales SIP, conocidos como *SIP User Agents* o agentes SIP, actúan como teléfonos multimedia IP, tal como ocurría con los terminales H.323 del protocolo H.323. Son elementos mediante los cuales los usuarios inician o finalizan el intercambio de flujo de tráfico multimedia con otros User Agents.

Son capaces de iniciar solicitudes SIP hacia otros terminales mediante un UAC (*User Agent Client*) o de escuchar y atender solicitudes remotas mediante un UAS (*User Agent Server*).

Estos terminales o usuarios se identifican en la red mediante una dirección SIP a imagen y semejanza de las URL de Internet, denominada URI (*Uniform Resource Identifier*), que sigue el formato *sip:nombre@dominio*.

- Servidores SIP

Existen diferentes tipos de servidores SIP:

- Registrar Server

Servidor usado para el registro de los terminales SIP. Mantiene la localización actual de un usuario y la información de los agentes SIP registrados se pone a disposición de servidores *Proxy* o *Redirect*.

- Proxy Server

Servidor que atiende solicitudes y las redirige hacia el destino. Para encontrar el destino puede consultar servidores *Location*.

Presenta algunas características destacadas:

- ✓ No origina solicitudes SIP sino que sólo responde a aquellas solicitudes que le llegan de agentes SIP.
- ✓ No tiene capacidad de audio o video.
- ✓ Se basa en las cabeceras de los mensajes SIP, por lo que no modifica o interpreta el cuerpo de los mensajes.

- Redirect Server

Servidor con una función equivalente al Proxy server, pero sin que progrese la llamada, sino que únicamente responde a invitaciones indicando cómo contactar con el destino

- Location Server

Servidor consultado para obtener la dirección final de un terminal.

- Presence Server

Servidor que en ocasiones envía información de presencia a otros agentes SIP y en otras redirige las solicitudes de presencia a otros agentes de presencia.

La figura 7 representa la interacción entre los diferentes tipos de servidores SIP:

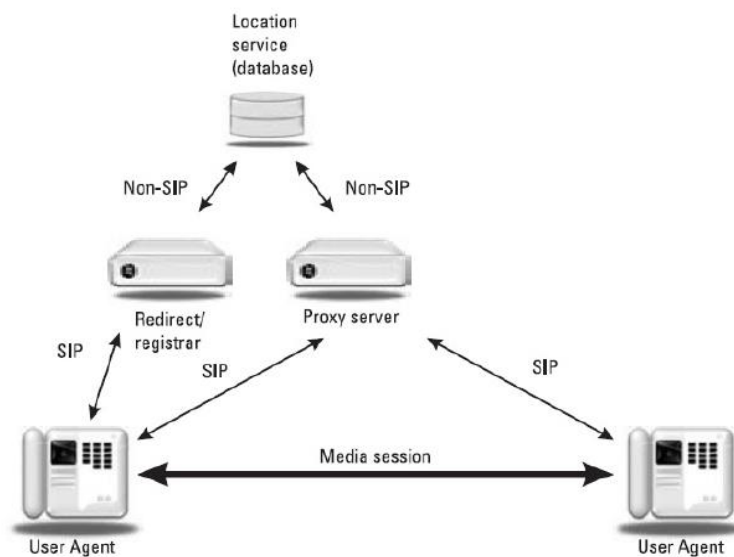


Figura 7: Interacción entre servidores SIP [1]

▪ Gateways SIP

Son pasarelas hacia la PSTN o hacia redes H.323 que adaptan audio, video, datos y señalización entre ambas redes de manera transparente para los usuarios. No son necesarios en redes donde no se precisan comunicaciones con usuarios externos a la propia red SIP.

2.6.3 MGCP

MGCP (*Media Gateway Controller Protocol*) es una recomendación global de la IETF para el control de dispositivos, que asume una arquitectura de control de llamada donde la inteligencia de ese control de la llamada reside fuera del gateway de voz (*Media Gateway*) y es administrada por elementos externos de control de llamada (*Call Agents* o *Media Gateway Controller*), típicamente servidores de telefonía, que envían comandos coherentes a equipos bajo su control, como los gateways capaces de encaminar el tráfico de voz [15].

En esencia, MGCP es un protocolo que utiliza un modelo centralizado *Master-Slave*, donde el gateway de voz (slave) está a la espera de ejecutar los comandos enviados por el *Call Agent* (master).

Con este protocolo, la centralita IP controla el plan de marcación y conoce el estado de cada uno de los puertos del gateway de voz controlando las conexiones a la PSTN o a otras PBX. Para ello se transmiten una serie de mensajes en texto plano por los puertos UDP/2427 o TCP/2428 entre las centralitas IP y los gateway de voz.

2.6.4 SCCP

SCCP (*Skinny Call Control Protocol*) es un protocolo propietario de Cisco, también del tipo *Master-Slave*, usado principalmente para la señalización de llamadas y para el registro de terminales Cisco (deskphone o softphone) en el servidor de telefonía, *Cisco Unified Communications Manager* (CUCM). Utiliza TCP/IP para la transmisión y recepción de llamadas y sus mensajes son enviados por el puerto TCP/2000. Al usar TCP, se aprovecha su fiabilidad en la retransmisión de los segmentos que no alcanzan el destino a tiempo, garantizándose la entrega de los paquetes [4].

Mientras que CUCM gestiona el control del inicio de la llamada, los terminales son los encargados del procesamiento de paquetes RTP. De ese modo, solo se negocia la señalización entre CUCM y terminales. Cualquier acción que se efectúe en el terminal supone un intercambio de mensajes entre terminal y CUCM. Sin embargo, los paquetes de voz encapsulados en RTP se transportan directamente entre terminales, como puede verse en la figura 8:

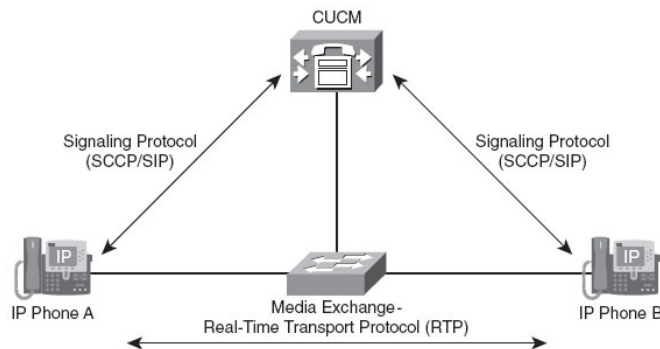


Figura 8: Funcionamiento SCCP [4]

Atendiendo a su funcionalidad como protocolo para establecimiento de llamadas podríamos decir que SCCP y SIP son protocolos próximos. Las principales diferencias se presentan en la fase de registro del terminal IP en la centralita IP.

2.6.5 QSIG

Su nombre proviene del hecho de que este protocolo lleva a cabo la señalización en un punto de referencia Q, que es un punto de demarcación formal entre dos PBX.

Es un protocolo estandarizado internacionalmente para uso corporativo en redes de voz. QSIG permite la comunicación punto a punto entre dos PBX por medio de interfaces RDSI primarios E1, que usan el estándar Q.931 para transportar la información de señalización entre un usuario y una PBX.

Suministra la señalización para el establecimiento, liberación de las llamadas y para transferencias de llamadas, así como señales de control de algunos servicios suplementarios. Permite también que los usuarios de las PBX puedan hacer llamadas externas.

Finalmente, permite la interconexión de equipos de múltiples proveedores, pudiendo operar ante cualquier configuración de red (estrella, malla, jerárquica,...). Puede ser desplegado sobre protocolos de transporte TCP/IP o bien sobre otros protocolos de señalización como H.323 o SIP.

2.7 Tratamiento de la Voz como Datos

La voz es un elemento crítico en el desarrollo de los negocios y, como tal, su calidad debe asegurarse con toda sutileza de matices cuando viaja a través de una red de datos.

Si imaginamos una pausa en una conversación, podría indicar dudas, desacuerdo, molestias,... Podría incluso ser una táctica de uno de los interlocutores para mantener hablando al otro interlocutor, evitando el silencio en el canal de comunicación y provocando la posibilidad de que proporcione alguna información o explicación que en modo alguno pensaba difundir. La realidad es que el silencio podría estar provocado simplemente por el retardo de algún paquete de voz en el flujo de datos.

Cada vez que nuevas aplicaciones se integran en redes por las que circula un tráfico de datos de crítica importancia existe probabilidad de que se produzcan interrupciones en la entrega de datos. Cuando se introduce la voz en la red, la situación se complica aún más.

El objetivo final perseguido por la mayoría de organizaciones es lograr una calidad de voz como la que recibirías a través de la red telefónica pública conmutada, y asegurar una veloz y precisa entrega de los datos críticos. Para que las redes existentes desplegadas puedan cumplir con ambos requisitos, las compañías típicamente suelen invertir en incrementos de ancho de banda y/o mejoras en equipamiento y red, y además, suelen configurar la red para priorizar el tráfico categorizado como crítico respecto a otros flujos de datos.

Las aplicaciones de voz precisan de las redes de datos que les provean de algunas características que no son tan importantes para las aplicaciones de datos. Las descargas de datos o accesos a bases de datos necesitan que todos los bytes de información se entreguen correctamente sin pérdidas pero no es tan crucial el tiempo que tardan en entregarse los datos desde una ubicación a otra. Por el contrario, las aplicaciones de voz exigen que los bytes de información sean entregados en el momento oportuno, aunque se produzca alguna mínima pérdida de información.

Así pues, lo primero que necesita la tecnología VoIP de la infraestructura de red es la capacidad para entregar la mayor parte de los paquetes a tiempo y en el orden adecuado.

En general, las redes IP no garantizan que todos los paquetes enviados sean entregados en el destino. Los routers por los que pasan los paquetes tienen la capacidad de rechazar algunos paquetes si lo consideran necesario. Puesto que no todos los segmentos de información se encaminan por las mismas rutas desde el dispositivo origen al dispositivo final, los tiempos en llegar al destino pueden ser variables y provocar la llegada de bytes de forma desordenada. En esas condiciones, tratar de mantener una conversación puede ser muy frustrante porque se podrían producir interrupciones en algunas palabras, fuertes ruidos podrían provocar interferencias, grandes retrasos podrían llegar a ser comunes en el discurso y la llamada podría incluso llegar a cortarse.

Las primeras compañías que adoptaron la tecnología VoIP pudieron comprobar que no era suficiente con estimar las cantidades totales de los tráficos de voz y de datos, sumarlas y asumir entonces que se ha planificado correctamente la capacidad de la red de datos existente para poder soportar VoIP. Era necesario además, un entendimiento completo del procesamiento del tráfico de voz en los equipos intermedios de red, como routers y switches.

2.7.1 RIESGOS DE SEGURIDAD PARA LA VOZ EN REDES DE DATOS

Las compañías que buscan implementar VoIP como tecnología que soporte las aplicaciones basadas en voz, deben entender el potencial fundamental de mejorar la comunicación humana y los desafíos a los que se pueden enfrentar cuando no se da un tratamiento adecuado al tráfico de voz en una red de datos.

Se puede hacer mucho para perturbar las comunicaciones de voz. Algunos ejemplos:

a) Virus

Cuando los paquetes de voz se transmiten por una red de datos están expuestos a los mismos problemas de seguridad que los propios paquetes de datos.

b) Ataque DoS (*Deny of Service*)

La plataforma recibe tantas solicitudes de servicio simultáneas que no puede atenderlas todas, llegando a provocar el bloqueo completo del sistema.

c) Hackers

Los sistemas de administración de la centralita podrían ser objetivo de alguno de estos atacantes, de modo que algún usuario externo a la compañía podría usar la telefonía IP gratuitamente o, peor aún, usarla contra la propia compañía, impidiendo algunas llamadas o modificando los enrutamientos definidos.

d) Phising

Se podría incurrir en fraude si un atacante externo, capaz de intervenir el sistema de comunicaciones de voz, pudiera usar los marcadores predictivos de los call center para provocar una entrada masiva de llamadas a clientes o negocios, o provocar que se realicen pagos sobre cuentas incorrectas. Podría además combinar técnicas

de suplantación de identidad por email y por voz para hacer pasar por legítimas sus estafas, puesto que muchos usuarios ya han aprendido a identificar estas técnicas de suplantación cuando simplemente se usa como reclamo el envío de emails.

2.7.2 QoS

En redes de conmutación de paquetes la implementación de políticas QoS puede resultar muy beneficiosa para tratar de solventar los problemas que supone el tratamiento de la voz en redes de datos.

Las técnicas de calidad de servicio consisten en mejorar el rendimiento de la transmisión de tráficos críticos sensibles al tiempo, como son la voz y el video en tiempo real, priorizándolos sobre cualquier otro tipo de tráfico no sensible a retardos, como puede ser el tráfico web o la transferencia de archivos, que mediante retransmisiones de datos son capaces de recuperar paquetes perdidos.

Los paquetes de voz (80 – 256 bytes) suelen ser mucho menores que los paquetes de datos (1,5 – 18 KB). En conexiones WAN, con enlaces relativamente lentos, enviar un paquete de datos puede tardar demasiado tiempo. El problema llega cuando esos paquetes se mezclan con pequeños paquetes de voz. Es ahí cuando el tiempo de transmisión puede provocar retardos. Se pueden usar técnicas de fragmentación en los routers que disminuyan el tamaño de los paquetes de datos para reducir esos efectos perniciosos sobre el tráfico de voz.

Toda red sufre limitaciones por ancho de banda que provocan diferentes problemas. Algunas dificultades, como el retardo fijo debido a la velocidad de los enlaces de red y la capacidad de procesamiento de los equipos intermedios red, están presentes en todas las redes y no alteran demasiado su comportamiento. Otros inconvenientes son más dañinos y son a los que se enfrenta la calidad de servicio:

a) Latencia

Retardo que acumula un paquete en su trayecto desde un dispositivo de origen a otro de destino.

Demoras muy grandes en la entrega del paquete de datos pueden provocar la recepción de eco o vacíos en la conversación, desde el punto de vista del usuario final. Este problema aparece en enlaces lentos o congestionados y, a menudo, en llamadas de larga distancia. Su valor ideal es menor o igual a 150 mseg en un sentido de la comunicación. Por encima de ese valor, el oído humano comienza a percibir molestias y la conversación se produce de forma similar a las que discurren mediante dispositivos walkie-talkie, siendo necesario esperar a que una de las partes deje de hablar para que la otra parte pueda comenzar a hablar.

b) Jitter

Retardo variable en la llegada de paquetes, causado por congestión en la red, pérdidas de sincronización entre equipos o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para alcanzar su destino.

Provoca la recepción de efectos extraños en el sonido, pudiendo llegar a cortar una conversación o a hacerla completamente ininteligible. No suele ser un problema que aparezca ante llamadas a través de la PSTN, porque el ancho de banda es fijo, sino que suele aparecer en redes IP donde habitualmente se trata con tráfico a ráfagas. En ocasiones puede combatirse, hasta un cierto umbral, con un buffer software de jitter que algunos equipos, como los routers Cisco, incluyen de fábrica. Su valor ideal es menor o igual a 100 mseg. El valor a establecer en el buffer de jitter suele ser equiparable al retardo acumulado en el canal de transmisión [26].

En la figura 9 se aprecia una representación del jitter (izquierda) y una representación de la acción del buffer corrector de jitter: en rojo se ven los paquetes transmitidos (izquierda) o los regenerados (derecha) mientras que en azul se aprecian los paquetes recibidos.

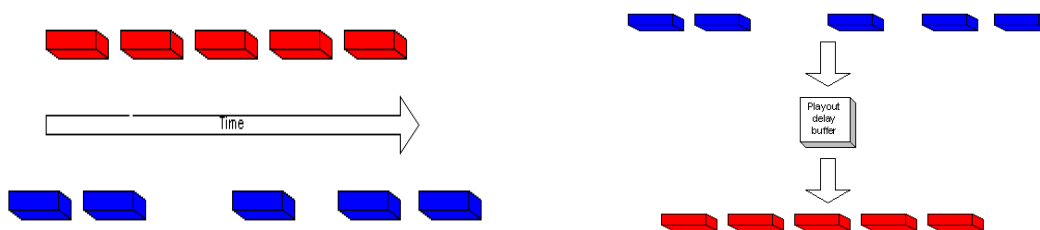


Figura 9: Buffer corrector de Jitter [26]

c) Pérdida de paquetes

Suelen darse por los descartes de paquetes que se producen al no llegar a tiempo al dispositivo receptor, generalmente por problemas de tráfico intenso. Provoca interrupciones ocasionales del discurso. Si un paquete llega con un jitter excesivo, se descarta como queda representado en la figura 10. Normalmente para pequeñas pérdidas no hay mayor problema porque el DSP reconstruye la señal original mediante interpolación. Sin embargo, son muy problemáticas las pérdidas a ráfagas porque dificultan la recuperación de la información original. Su valor ideal es menor o igual al 1%. En esos valores, aunque se produzca pérdida de paquetes, el oído humano no la percibe.

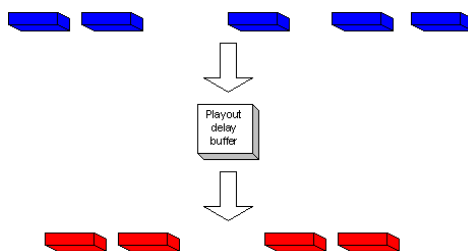


Figura 10: Descarte de paquetes por jitter [26]

d) Eco

Reproducción retardada de la señal acústica original.

A mayor retardo e intensidad, mayores problemas provoca el eco. Su valor ideal de retardo es menor o igual a 65 mseg y su atenuación entre 15 y 30 dB.

Con el objetivo de proporcionar un respaldo acerca de la calidad de las transmisiones RTP, el protocolo RTCP rastrea información como la cantidad de paquetes en una transmisión, la cuenta de paquetes perdidos, el retardo y el jitter de esa comunicación, enviando mensajes a las dos partes conectadas. Esta información se puede usar para adaptar los codec si el protocolo detecta congestión.

Es recomendable aplicar una política de QoS cuando haya presentes teléfonos IP o dispositivos ATA en una red en la que se maneja mucho tráfico de datos.

Los propios teléfonos IP incorporan mecanismos de QoS de fábrica, algo que no ocurre siempre con switches y routers. A mayor inteligencia en un switch, operará en una capa más alta de OSI. Los switches capa 2 manejan paquetes marcados con diferentes niveles Diffserv (*Differentiated Services*) de prioridad, mientras que los switches capa 3 permiten definir listas de control de acceso para identificar los diferentes tipos de tráfico.

Para conseguir una implementación completa y efectiva de QoS, todos y cada uno de los dispositivos que gestionan tráfico en la red deben disponer de mecanismos QoS, teniendo siempre en mente que el objetivo final es la desaparición de los cuellos de botella en la red.

El ancho de banda destinado al tráfico saliente de una LAN es, por lo general, menor al destinado al tráfico entrante. Por ello, la aplicación de técnicas de QoS resulta más útil en routers y para tráfico saliente.

Existen diferentes técnicas de QoS, algunas de las cuales se explican a continuación:

a) Clasificación de Tráfico

Mediante la creación de VLAN de voz, todo tráfico proveniente de estas subredes será identificado por los diferentes dispositivos como tráfico sensible al tiempo.

Una de las causas que produce jitter es el encolamiento del tráfico crítico de voz en un cuello de botella. Se debe esperar a que el tráfico que ha llegado antes a ese punto de la red sea transmitido.

Si se llega a tal punto que hay que desechar paquetes de datos encolados en los cuellos de botella, mediante la clasificación de paquetes de voz se consigue que se desechen los datos de menor importancia en lugar de los últimos en llegar al estrechamiento [7].

La figura 11 se representa gráficamente la técnica de clasificación de tráfico:

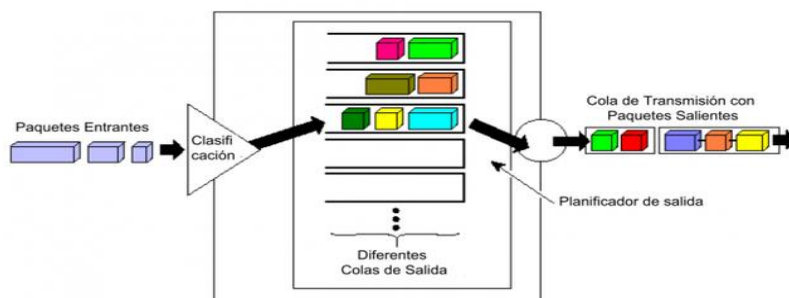


Figura 11: Clasificación de tráfico

b) Marcado de Paquetes

Se marcan paquetes críticos para que el resto de la red pueda identificarlos y priorizarlos sobre otros paquetes. Se logra asignando un valor entre 0 (menor prioridad) y 7 (prioridad máxima) al campo CoS (*Class of Service*) de la trama Ethernet. El valor CoS por defecto de la voz es 5. Los datos que no se marcan con CoS presentan un valor 0.

Los switches ordenan los datos encolados de acuerdo a esta marca.

Si hablamos de equipos de capa 3 el marcador se denomina ToS (*Type of Service*).

La figura 12 representa gráficamente la técnica de marcado de paquetes:

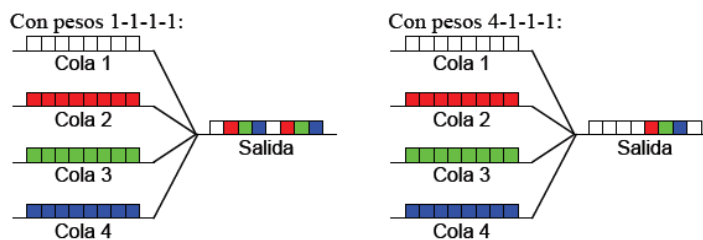


Figura 12: CoS - Marcado de paquetes

c) Desencolado de Datos

Cierto tráfico se prioriza en un switch para ser transportado antes a través de interfaces WAN o LAN. La técnica más adecuada para adelantar la transmisión de tráfico multimedia sensible a retardos, como es el tráfico VoIP, es LLQ (*Low Latency Queuing*) [7], que ayuda a evitar el jitter y la pérdida de paquetes en la red.

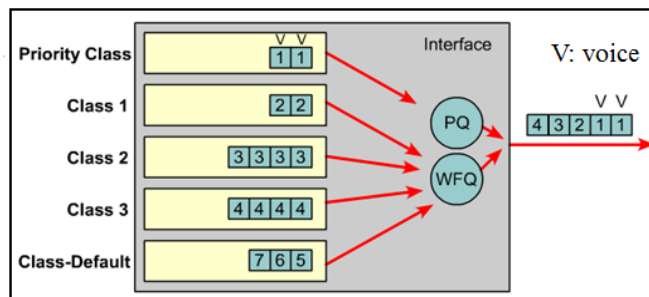


Figura 13: LLQ [7]

Como se aprecia en la figura 13, LLQ combina las técnicas de PQ (*Priority Queuing*), que prioriza el tráfico de voz previamente marcado, con técnicas WFQ (*Weighted Fair Queuing*), que reparte equitativamente el ancho de banda disponible entre el resto de tráfico.

3. CASO DE ESTUDIO

En este capítulo se analiza el entorno sobre el que se va a trabajar, para identificar la topología existente, los parámetros de funcionamiento actuales y las debilidades del sistema.

Por otra parte, se realiza un estudio de las necesidades de la empresa cliente que motivaron un planteamiento de cambio en su sistema de comunicaciones.

3.1 Situación Inicial

Como punto de partida se presenta una visión general del estado actual de la red del cliente y de su arquitectura de comunicaciones. Se obtiene así una primera impresión acerca de la evolución y mejoras a acometer sobre los sistemas productivos actuales para afrontar el diseño de una nueva infraestructura de comunicaciones.

3.1.1 ESCENARIO INICIAL

La compañía cliente forma parte de un holding de empresas y está compuesta por más de diez mil empleados repartidos por diez sedes, distribuidas principalmente por la geografía española. Atendiendo a la cantidad de empleados y a los servicios prestados en cada una de las sedes, clasificaremos estas sedes en cinco delegaciones principales y en otras cinco delegaciones satélites.

Cada una de las sedes principales cuenta con varias dependencias, mientras que las sedes satélite, por presentar perfiles de trabajadores más específicos, cuentan con pocos usuarios y con un único edificio.

Las sedes principales tendrán un identificador numérico y las sedes secundarias tendrán como identificador un carácter textual. La tabla 6 muestra la distribución de trabajadores por sede:

Sedes Principales		Sedes Satélite	
Sede	Trabajadores	Sede	Trabajadores
1	1710	A	53
2	5604	B	45
3	1896	C	24
4	590	D	22
5	382	E	5

Tabla 6: Distribución inicial de trabajadores

En todas las sedes existe un servicio de vigilancia continua, que funciona todos los días del año, ejerciendo también como servicio de Recepción. Además, en las sedes principales hay operadores de data center custodiando y gestionando en todo momento los equipos almacenados en los centros de datos.

3.1.2 TOPOLOGÍA DE RED

3.1.2.1 TOPOLOGÍA LAN

Aunque toda la infraestructura de ToIP está instalada en las dependencias del cliente, en sus diferentes sedes, no presenta conectividad con la subred interna de datos sino que está conectada a la subred del proveedor de servicios, una DMZ (*Demilitarized Zone*) independiente aislada mediante el uso de equipos cortafuegos.

De este modo, el proveedor de servicios pueda acceder remotamente a la gestión y monitorización de los servidores de ToIP y a los gateway de voz, pero no a la red interna del cliente, donde están conectados los terminales de los trabajadores y sus ordenadores, desde los que acceden a las distintas bases de datos y aplicaciones corporativas.

En la figura 14 está representado el modelo de topología LAN para las sedes principales:

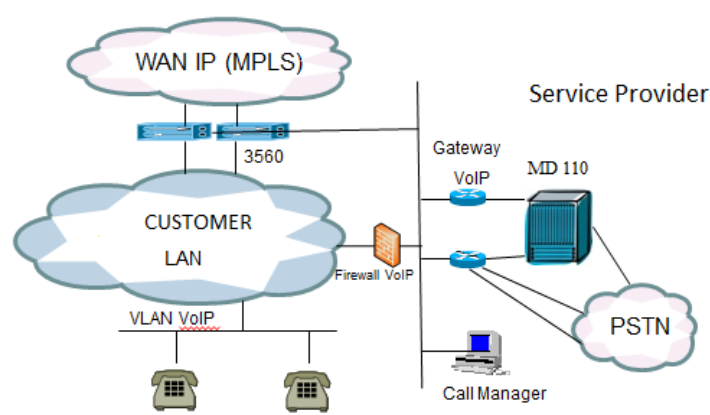


Figura 14: Red de área local en sedes principales

En las sedes satélite no hay instalada infraestructura de telefonía. Simplemente hay teléfonos IP conectados a su propia red local, que es una extensión de la LAN de alguna sede principal que se alcanza de forma transparente para el usuario final, dando la impresión de que estuvieran conectados físicamente a la propia red local de la sede principal.

Se pretende para estas delegaciones más pequeñas que su trabajo esté centralizado en la delegación principal a la que pertenecen, accediendo a los mismos servicios que los usuarios locales de esa sede. El límite lo marca el ancho de banda del enlace que interconecta sede principal y satélite.

La tabla 7 muestra la relación de correspondencia entre sedes principales y satélites:

Sede Principal Sede Satélite	Sede Principal				
	1	2	3	4	5
A		x			
B		x			
C		x			
D				x	
E		x			

Tabla 7: Correspondencia entre sedes

De este modo, la Sede A es una extensión de la LAN de la Sede 2, al igual que ocurre con las sedes B, C y E. Sin embargo, la sede D es una extensión de la LAN de la sede 4.

3.1.2.2 TOPOLOGÍA WAN

La red interna (LAN) de cada delegación presenta comunicación a nivel 3 de OSI con el resto de redes locales de sedes principales gracias al filtrado de tráfico de los dispositivos firewall de frontera, que además protegen a estas sedes de accesos indeseados. Los usuarios pueden de este modo alcanzar los servicios alojados en otras sedes para los que tengan privilegios de acceso.

El firewall fronterizo de una sede principal presenta conectividad con los firewall fronterizos del resto de sedes principales a través de la red global mallada MPLS (*Multiprotocol Label Switching*), que interconecta a las delegaciones principales.

Esta red unifica el servicio de transporte de datos para redes basadas en circuitos y redes basadas en paquetes, pudiendo transportar varios tipos de tráfico como voz y paquetes IP. Su capacidad para priorizar los paquetes de voz hace a la red MPLS idónea para soportar el paso de llamadas VoIP a su través.

El mismo proveedor de servicios de telecomunicaciones que administra todos los sistemas de telefonía de la compañía cliente se encarga de gestionar la red MPLS.

Al final del siguiente apartado se presenta un esquema básico de la topología WAN comentada.

3.1.3 ARQUITECTURA VoIP

La empresa cuenta actualmente con una infraestructura de voz que da servicio a todas las delegaciones de la compañía, compuesta de dos sistemas de telefonía diferentes:

- Sistema de telefonía tradicional, basado en tecnología TDM, cuyas PBX son Ericsson MD110. El nombre comercial de esta solución es Ibercom.

- Sistema ToIP, más moderno y basado en tecnología Cisco, que gestiona principalmente las últimas sedes puestas en servicio, cuyas centralitas Cisco Unified Call Manager (CUCM), también conocidas como Call Manager, componen un cluster distribuido de servidores, pues están ubicados en diferentes sedes.

CUCM es un software propietario de Cisco que usa principalmente, aunque no únicamente, el protocolo SCCP, que también es propiedad de Cisco, como protocolo de señalización. Los servidores CUCM pueden actuar también como servidores TFTP (*Trivial File Transfer Protocol*) para los diferentes dispositivos registrados en ellos, de modo que los terminales descargan mediante este protocolo su configuración desde el propio CUCM.

Los cluster de servidores de telefonía están formados por varios nodos. El nodo principal, denominado publisher, tiene acceso directo a la base de datos del cluster, y es el encargado de actualizarla con los últimos cambios de configuración. El resto de nodos del cluster, denominados subscriber, reciben del publisher copias exactas de la base de datos del cluster para facilitar y agilizar sus accesos de lectura. Así pues, siempre que en un cluster de servidores de telefonía se hable de publisher y/o subscriber, lo que subyace es la relación de cada nodo respecto a la base de datos común del cluster.

Ambos sistemas de telefonía, el modelo tradicional TDM y el modelo ToIP más moderno, presentan un conjunto común de funcionalidades básicas, son partícipes de los mismos planes de marcación y planes de numeración, y están interconectados mediante enlaces QSIG soportados por los gateways MGCP.

El cliente tiene contratados con el operador de telecomunicaciones diversos enlaces RDSI que le aportan diferentes rangos de numeración DID (*Direct Inward Dialing*).

DID, que es conocido en Europa como DDI, es un servicio ofrecido por las compañías telefónicas a los clientes con centralita. Les provee de un rango de números asociados con una o más líneas telefónicas, para que se pueda asignar un número personal a cada usuario sin tener que adquirir una línea telefónica para cada uno.

El plan de numeración permite el uso de extensiones cortas para llamadas internas entre terminales de escritorio corporativos y terminales móviles corporativos.

En la tabla 8 podemos resumir el actual plan de numeración implantado:

Plan de Numeración			
Sede	DDI	Extensión Corta Fijo	Extensión Corta Móvil
1	+3491111XXXX	91XXXX	771XXXX
2 A B C E	+3492222XXXX	92XXXX	772XXXX
3	+3493333XXXX	93XXXX	773XXXX
4 D	+3494444XXXX	94XXXX	774XXXX
5	+3495555XXXX	95XXXX	775XXXX

Tabla 8: Plan de numeración inicial

Las llamadas entre sedes remotas son encaminadas por la red MPLS-VoIP (WAN-IP) y se les aplica la calidad de servicio Multimedia-QoS, contratada con el proveedor para garantizar la calidad de la voz en las conversaciones y que presenta las siguientes características:

- Servicio garantizado gracias a reservas de ancho de banda
- RTT (*Round Trip Time*) < 27mseg
- Jitter < 2mseg

No se encamina tráfico de voz por la red MPLS para las llamadas entre sedes que comparten LAN, como las sedes 2, A, B, C y E por una parte o las sedes 4 y D por otra parte.

El servicio de telefonía en la empresa cliente está ofrecido actualmente por una compañía de telecomunicaciones que se encarga tanto de la administración y mantenimiento de ambos sistemas de telefonía como del mantenimiento de los terminales.

El SLA (*Service Level Agreement*) pactado entre ambas compañías obliga a la mantenedora del servicio a resolver cualquier incidencia en menos de 4 horas y a una disponibilidad del servicio mayor o igual al 99,8% en cada sede.

Así pues, la empresa cliente debe abonar a la compañía de telecomunicaciones una cantidad en concepto de gestión y mantenimiento de los sistemas y alquiler de los enlaces con la PSTN, además del propio coste de las llamadas, que es un coste fijo basado en una estimación anual de minutos de tráfico de voz.

A continuación se resume el equipamiento desplegado en cada una de las sedes.

- Sedes principales:
 - Sede 1: Centraliza las comunicaciones de la empresa.
 - ✓ 3x Servidor CUCM montados en servidores físicos MCS7835H2: publisher del cluster y dos subscriber, actuando uno de ellos como servidor TFTP.
Gestiona la capa de ToIP global del cliente.
 - ✓ 1x Servidor Cisco Unity montado en un servidor físico MCS7825HP: gestiona la mensajería de voz.
 - ✓ 1x PBX Ericsson MD110: gestiona la telefonía analógica de la sede y proporciona conectividad con la PSTN mediante varios trunk de telefonía fija.
 - ✓ 2x Gateway voz Cisco (C2801 y C2821): presentan configuración y señalización MGCP, y están registrados en el cluster de CUCM por medio de la LAN. Uno de ellos interconecta la PBX y el cluster de CUCM mediante un enlace QSIG.
 - ✓ 1x E1 enlace PRI telefonía fija: conectado a un gateway Cisco, supone 30 canales agregados para llamadas salientes simultáneas a fijos o para llamadas entrantes a los números largos de cada teléfono de la sede.
 - ✓ 368x Teléfonos IP Cisco: registrados en el cluster de CUCM a través de la LAN.
 - ✓ 1595x Teléfonos analógicos y digitales Ericsson: conectados a la PBX local.
 - Sede 2
 - ✓ 1x Servidor CUCM montado en un servidor físico MCS7835H2: subscriber del cluster.
Gestiona la capa de ToIP global del cliente.
 - ✓ 1x PBX Ericsson MD110: gestiona la telefonía analógica de la sede y conecta con la PSTN mediante varios trunk de telefonía fija y móvil.
 - ✓ 3x Gateway voz Cisco (C2801, C2821 y C3825): presentan configuración y señalización MGCP, y están registrados en el cluster de CUCM por medio de la LAN. Uno de ellos interconecta la PBX y el cluster de CUCM mediante un enlace QSIG.
 - ✓ 2x E1 enlaces PRI telefonía fija: conectados a los gateway Cisco, suponen 60 canales agregados para llamadas salientes simultáneas a fijos o para llamadas entrantes a los números largos de cada teléfono de la sede.
 - ✓ 3x E1 enlaces PRI telefonía móvil: conectados a los gateway Cisco, suponen 90 canales agregados para llamadas simultáneas a móviles o desde móviles corporativos a extensiones fijas corporativas.
 - ✓ 1100x Teléfonos IP Cisco: registrados en el cluster de CUCM a través de la LAN.
 - ✓ 4358x Teléfonos analógicos y digitales Ericsson: conectados a la PBX local.
 - Sede 3
 - ✓ 1x Servidor CUCM montado en un servidor físico MCS7835H2: subscriber del cluster.
Gestiona la capa de ToIP global del cliente.

- ✓ 1x Gateway voz Cisco (C3825): presenta configuración y señalización MGCP, y está registrado en el cluster de CUCM por medio de la LAN.
- ✓ 2x E1 enlaces PRI telefonía fija: conectados a los gateway Cisco, suponen 60 canales agregados para llamadas salientes simultáneas a fijos o para llamadas entrantes a los números largos de cada teléfono de la sede.
- ✓ 3x E1 enlaces PRI telefonía móvil: conectados a los Gateway Cisco, suponen 90 canales agregados para llamadas simultáneas a móviles o desde móviles corporativos a extensiones fijas corporativas.
- ✓ 1813x Teléfonos IP Cisco: registrados en el cluster de CUCM a través de la LAN.
- Sede 4
 - ✓ 1x PBX Ericsson MD110: gestiona la telefonía analógica de la sede y conecta con la PSTN mediante varios trunk de telefonía fija.
 - ✓ 1x Gateway de voz Cisco (C2801): presenta configuración y señalización MGCP, y está registrado en el cluster de CUCM a través de la MPLS. Mediante un enlace QSIG conecta la PBX con el cluster de CUCM.
 - ✓ 558x Teléfonos analógicos y digitales Ericsson: conectados a la PBX local.
- Sede 5
 - ✓ 1x PBX Ericsson MD110: gestiona la telefonía analógica de la sede y conecta con la PSTN mediante varios trunk de telefonía fija.
 - ✓ 1x Gateway de voz Cisco (C2801): presenta configuración y señalización MGCP, y está registrado en el cluster de CUCM a través de la MPLS. Mediante un enlace QSIG conecta la PBX con el cluster de CUCM.
 - ✓ 352x Teléfonos analógicos y digitales Ericsson: conectados a la PBX local.
- Sedes satélites:
 - Sede A
 - ✓ 50x Teléfonos IP Cisco: conectan con la LAN de la sede 2 y a través de la MPLS se registran en el cluster de CUCM.
 - Sede B
 - ✓ 38x Teléfonos IP Cisco: conectan con la LAN de la sede 2 y a través de la MPLS se registran en el cluster de CUCM.
 - Sede C
 - ✓ 20x Teléfonos IP Cisco: conectan con la LAN de la sede 2 y a través de la MPLS se registran en el cluster de CUCM.
 - Sede D
 - ✓ 17x Teléfonos IP Cisco: conectan con la LAN de la sede 4 y a través de la MPLS se registran en el cluster de CUCM.
 - Sede E

- ✓ 4x Teléfonos IP Cisco: conectan con la LAN de la sede 2 y a través de la MPLS se registran en el cluster de CUCM.

El gateway de voz de la sede 4 tiene configurada la funcionalidad SRST (*Survivable Remote Site Telephony*), para el que está licenciado, y provee supervivencia local de telefonía IP. Según la documentación del gateway Cisco 2801, su capacidad permite el registro de 25 terminales en modo supervivencia. Así pues, no hay impedimentos para que los 17 teléfonos IP de la sede D puedan registrarse en el gateway de voz Cisco 2801 de la sede 4 si se perdiera la conectividad entre la propia sede 4 y el resto de sedes por problemas en la WAN. El gateway de voz asumiría el control del procesamiento de las llamadas VoIP de las delegaciones 4 y D.

SRST no ofrece todas las posibilidades del sistema completo de telefonía, pero al menos permite a los usuarios emitir y recibir llamadas por la PSTN, hacer transferencias o aplicar desvíos gracias a la configuración en modo IOS (*Internetwork Operating System*) del gateway, que pasa a funcionar bajo señalización H.323 y es capaz de encaminar las llamadas salientes efectuadas desde los teléfonos IP hacia sus conexiones con la PSTN y las llamadas entrantes desde la PSTN hacia los teléfonos IP.

La tabla 9 recoge la clasificación de los teléfonos de cada delegación atendiendo al modelo del terminal:

Sede	Terminal Analógico o Digital		ATA	Teléfono IP Básico		Teléfono IP Premium		Teléfono IP Premium Manager			Conference Station	
	Analógico	Digital	ATA186	C7911	C7912	C7940	C7941	C7960	C7961	C7962	C7936	C7937
1	1384	211	7	189	112	17		20	21		2	
2	3926	432	37	891	15		1	20	58	13	23	42
3			46	1455	94	1	34		130		53	
4	478	80										
5	320	32										
A				45						4		1
B				32					6			
C				20								
D			1	9	7							
E				2					1		1	
Total	6108	755	91	2643	228	18	35	40	216	17	79	43

Tabla 9: Distribución de teléfonos por sede

La compañía dispone de un pequeño stock de terminales C7942 y C7962 para usar en las nuevas altas y como reemplazos en caso de avería de algún terminal cuyo ciclo de vida haya concluido y, por lo tanto, esté fuera de todo mantenimiento por parte del fabricante.

Las PBX analógicas disponen de un módulo TCP/IP que les permite conectar con un gateway de voz Cisco, que mediante enlaces QSIG conecta la infraestructura de voz analógica con la infraestructura de voz IP.

Además, los gateway de voz Cisco pueden proporcionar conectividad con la PSTN (red fija o red de telefonía móvil) mediante enlaces primarios E1 de 30 canales.

Finalmente, los gateway Cisco son el nexo de unión entre las redes de telefonía (analógica y/o IP) y la red MPLS que interconecta a todas las delegaciones.

- Crecimiento y Expansión geográfica.

La compañía está creciendo a todos los niveles y desplegando nuevas oficinas fuera del país.

Las nuevas sedes deben estar totalmente integradas dentro de un único sistema de telefonía corporativo. Por ello, se aprovecharán las reformas en cada sede para instalar únicamente puntos de red de datos, evitando todo lo relacionado con el cableado telefónico tradicional y sus costes asociados.

La empresa matriz del holding trabaja ya con telefonía IP y se están planificando a medio plazo acciones para interconectar las comunicaciones de todas las compañías del grupo.

La factura de llamadas internacionales no debe dispararse, por lo que se precisa que las llamadas externas a países donde haya una delegación de la empresa se traten como llamadas nacionales, independientemente del país en el que se origine la llamada. Las comunicaciones con otros países podrán efectuarse por la línea que resulte más económica en base al plan de marcación.

En el futuro se necesitará una configuración de operadora automática que centralice las llamadas entrantes a la compañía, y que se encargue de transferir la llamada a la delegación adecuada en función de la hora, del día, del país de origen de la llamada o en función de la elección del cliente que llama. Por el momento es suficiente con una configuración que recoja las llamadas al número principal de la compañía y, en horario de oficina, las envíe a una persona que se encarga de su posterior tramitación.

- Finalización de los contratos del servicio Ibercom.

La renovación de los contratos de alquiler y mantenimiento de las antiguas centralitas suponen un coste excesivo para el cliente en comparación con las prestaciones que le ofrece la solución.

La expansión del cliente precisa de un sistema de comunicaciones escalable y global. Al estar las capacidades de algunas centralitas Ericsson MD110 prácticamente superadas, con sus LIM (*Line Interface Module*) casi al completo y con muchas LIM en cada GSM (*Group Switching Module*), con Ibercom no es posible ampliar el sistema sin adquirir módulos de hardware adicionales, nuevas líneas y nuevas centralitas en cada nueva delegación, junto a sus alquileres y contratos de mantenimiento asociados. Algunas de estas líneas podrían de hecho estar infrautilizadas, al menos en los primeros meses de andadura de cada nueva sede. Con IP se pueden añadir terminales en cualquier punto de la red del cliente sin mucha complicación.

- Consolidación de la tecnología VoIP como sistema de gestión de la telefonía de la compañía.

El cliente está satisfecho con las funcionalidades que proporciona el sistema de telefonía IP Cisco en aquellas sedes en las que lo tiene implantado. Todos los terminales de la compañía deben ser IP para poder beneficiarse al máximo de las ventajas que ofrece la solución tecnológica:

- Personalización de los teléfonos
 - ✓ Tonos de llamada
 - ✓ Logo de la compañía como fondo de pantalla
 - ✓ Perfil de usuario
 - ✓ Directorio personal
 - ✓ Teclas de marcación rápida y de marcación abreviada
 - ✓ Servicios
 - ✓ ...

- Directorio corporativo
- Teclas de detección de línea ocupada
- Identificación de llamada
- Transformaciones en los identificadores de las partes llamante y llamada
- Música en espera
- Transferencias sencillas de llamadas
- Conferencias instantáneas o mediante reserva de una sala virtual
- Buzón de voz con mensajería unificada para gestionar los mensajes de voz desde las bandejas de entrada de correo electrónico,...

Se deben mantener o reutilizar, en la medida de lo posible, todos los terminales IP de los que ya se dispone.

Es necesario generar nuevos planes de marcación y de numeración globales para hacer frente a las necesidades presentes y futuras de la compañía. Estos planes deben respetar lo máximo posible los actuales para lograr que la migración del sistema de telefonía sea lo más transparente posible a la percepción del usuario final.

- Creación de un contact center con agentes para algunos departamentos.

Es necesario elaborar un plan para la gestión y el tratamiento de llamadas entrantes a determinados departamentos, como Help Desk de IT o RR.HH. Los agentes del contact center de estos departamentos deben gestionar la entrada de llamadas desde su propio ordenador, en el que podrán visualizar la información del cliente o del usuario que llama.

También se precisa un sistema capaz de recoger las llamadas cursadas, entregadas y/o abandonadas a su paso por la centralita, por la operadora automática o por los pequeños contact center departamentales.

- Facilidad en la administración de las comunicaciones.

El reducido departamento IT de la compañía debe gestionar y monitorizar toda la red de comunicaciones IP junto a sus electrónicas de red asociadas de forma centralizada.

El mismo grupo de personas realizará desde la interfaz web del sistema IP tareas básicas de administración de la centralita con plena autonomía y podrá modificar los balanceos de llamadas según las necesidades puntuales.

Parte del personal dedicado a la administración del antiguo sistema de telefonía TDM deberá reciclarse y formarse en la nueva tecnología. Otra parte del personal será reubicado en otros departamentos.

- Alta disponibilidad de las comunicaciones.

En todas las sedes existen servicios de vigilancia continua 24x7 todos los días del año, que además hacen las veces de servicio de Recepción para la entrada de trabajadores fuera del horario laboral habitual.

Es necesario proveer a los vigilantes con terminales tipo operadora, con múltiples líneas que permitan conocer si el destinatario de la llamada está ocupado o no antes de transferirles una llamada entrante.

Además, en algunas sedes principales existen operadores del centro de datos también en horario 24x7. Ante cualquier contingencia es muy importante que puedan comunicar rápidamente con los servicios de emergencia, con el resto de sedes y con su punto de escalado más inmediato.

Se precisa de un directorio corporativo global multisede para que estas personas puedan ponerse en contacto con cualquier teléfono de la compañía de manera sencilla.

- Movilidad y teletrabajo.

Hay requisitos tanto para moverse dentro de la oficina como fuera de la misma:

- Movilidad en la oficina: se debe poder trabajar con varios dispositivos (deskphone, smartphone, teléfono de casa,...) recibiendo llamadas entrantes a la misma extensión corporativa permitiendo el traspaso de llamadas entre ellos.
Además, será necesario el uso de terminales Cisco Wireless que hacen uso de la red inalámbrica WiFi, como el C7925, que permitirán trabajar a los vigilantes con la extensión corporativa desde una ubicación lejana al deskphone, siempre que haya cobertura de la red WiFi corporativa. Será de gran utilidad para sus rondas nocturnas.
- Movilidad fuera de la oficina: la expansión de la compañía provocará movimientos de empleados entre sedes y multitud de viajes. Por otra parte, la compañía es sensible a las nuevas necesidades familiares de hoy en día y está fomentando el teletrabajo.
Los usuarios tendrán su propia extensión corporativa independientemente de donde se encuentren, mediante el uso de conexiones VPN con la oficina.

- Política de permisos y restricciones de llamadas.

Se establecerá una política encargada de gestionar los permisos de llamadas salientes y entrantes, que variarán en función, del usuario, del departamento y/o de la delegación.

- Política de control de congestión en la red de datos.

En condiciones de red congestionada se debe evitar saturar la red con más llamadas de voz adicionales que provocarían la degradación de todas las llamadas en curso.

- Aplicación Jefe-Secretaria (IP Manager-Assistant)

Los asistentes de algunos directores y personas consideradas VIP en la entidad deben ser capaces de recoger las llamadas de sus managers y filtrarlas, de modo que solamente se le transfieran aquellas llamadas que sean valoradas como importantes.

- Tecnología persistente en el tiempo y con larga esperanza de vida.

La idea es partir de VoIP como base tecnológica sobre la que se invertirá en un completo sistema de comunicaciones unificadas durante los próximos años fiscales.

4. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Mediante el conocimiento de los protocolos soportados por la tecnología VoIP y sus posibilidades, y atendiendo a las recomendaciones sobre la LAN y la WAN para garantizar una óptima calidad de las comunicaciones, se determina una combinación de equipamiento, software y servicios de comunicación que conformarán la solución que se pretende desarrollar.

En este capítulo se detalla el diseño propuesto que mejor se ajusta a las necesidades expuestas por el cliente.

4.1 Asunciones y Exclusiones

- Este diseño no cubre configuraciones de capa 2 o capa 3 en los equipos de red de la LAN o la WAN por estar fuera del ámbito de este proyecto de migración.
Aplica la misma premisa a las configuraciones de seguridad de los equipos de red.
Es responsabilidad del departamento IT de la compañía cliente asegurar la conectividad entre cada sede y los centros de datos donde residen los equipos principales.
- El cliente debe asegurar la reserva de ancho de banda para el tráfico multimedia crítico en la WAN que interconecta las diferentes delegaciones, y aplicar las técnicas de QoS adecuadas a las mejores prácticas recomendadas por Cisco.
Si se cumplen estas premisas, el servicio de telefonía podrá proveerse adecuadamente con independencia de la ubicación en la que se encuentre el usuario final.
- La instalación y/o configuración de las aplicaciones corporativas propiedad del cliente u otras aplicaciones de terceras partes recaerá bajo la responsabilidad del propio cliente.
- La configuración e investigación de problemas de las PBX Ericsson MD110 corresponde al departamento IT del cliente.
- Los informes personalizados están fuera del alcance de este proyecto.
- El cableado estructurado no está incluido en la propuesta.

4.2 Escenario Final

Uno de los requisitos que planteaba el cliente para migrar su sistema de comunicaciones fue la consolidación de la tecnología VoIP como sistema de gestión de la telefonía de la compañía. Prácticamente todos los terminales de la compañía serán teléfonos IP, desapareciendo los teléfonos digitales y la gran mayoría de teléfonos analógicos que se conectaban a las centralitas Ericsson MD110, que también serán retiradas.

Puesto que el cliente estaba satisfecho con las capacidades que ofrecía la telefonía IP Cisco en aquellas sedes en las que ya está implantada, se seguirá confiando en el mismo fabricante como estándar tecnológico para

el nuevo sistema de comunicaciones. Además, podremos aprovechar los terminales Cisco ya desplegados, descartando problemas de compatibilidad con la nueva plataforma a implantar.

Respecto al escenario inicial del que se parte, hay que destacar que las sedes A y E desaparecen, y sus trabajadores son redistribuidos por las otras sedes, permitiendo reutilizar sus 54 terminales IP de Cisco. Además, se incorporan las sedes 6 y 7 en Reino Unido, cuyo despliegue se está desarrollando en la actualidad y finalizará antes de que lo haga la ampliación del sistema de telefonía global.

El proyecto de migración a VoIP que se propone como respuesta a las necesidades del cliente incluye el rediseño de las soluciones de telefonía y mensajería, junto al despliegue de una solución de contact center.

Con el fin de aportar una infraestructura más flexible, eficiente y tecnológicamente resistente al paso del tiempo, el nuevo sistema de comunicaciones se fundamenta en la virtualización de todos los servidores que lo componen, de modo que se usarán equipos físicos de la plataforma Cisco UCS (*Unified Computing System*) para albergar las máquinas virtuales de las aplicaciones Cisco del sistema de telefonía, que son el verdadero corazón del nuevo sistema de ToIP.

Aunque aún hay fabricantes que usan programas que solamente se pueden ejecutar sobre servidores físicos propietarios, otros desarrollan sus soluciones software para VoIP sobre sistemas Linux o Windows estándar que pueden ser virtualizados con relativa sencillez.

Las comunicaciones en tiempo real demandan altos niveles de rendimiento. Aun así, los recursos de muchos servidores de VoIP están infrautilizados y virtualizarlos puede suponer un gran beneficio. Atendiendo al procesamiento de llamadas, el CUCM se usa principalmente durante los segundos iniciales de una llamada, mientras que se está estableciendo la llamada y se producen conexiones con teléfonos IP, softphones o gateways de voz. También en los instantes finales de la misma. Es por eso que consume pocos recursos, pues durante la mayor parte del tiempo el flujo de voz durante las llamadas discurre de terminal a terminal, dejando sin acción al servidor de VoIP. Ni siquiera en las horas de máxima utilización del sistema de telefonía el consumo de recursos es excesivo. Un CUCM suele procesar entre 6 y 10 paquetes por cada intento de establecimiento de una llamada. Suponiendo 1000 llamadas/hora, el promedio de paquetes procesados/seg es de 2 a 4 paquetes. La misma cantidad de paquetes se procesa para liberar las llamadas. Resulta ser un tráfico bastante insignificante.

Por lo tanto, virtualizar los servidores de ToIP ayuda a acabar con el despilfarro de recursos, a la par que reduce la cantidad de servidores físicos necesarios y, como consecuencia de ello, se produce un considerable ahorro de energía y en refrigeración.

Atendiendo al crecimiento internacional previsto en la organización y a sus necesidades futuras de comunicación, se plantea una ampliación del cluster de CUCM distribuido del que se parte, a la vez que se añaden otro par de clusters de CUCM centralizados, uno para dar servicio a las nuevas sedes internacionales que se incorporan a la compañía y otro usado expresamente para intercomunicar las sedes nacionales con las internacionales de la organización, y a ambas con el resto de empresas del holding.

La solución de mensajería unificada también será ampliada, sustituyendo el antiguo servidor de mensajería Cisco Unity por una solución clusterizada de servidores CUC (*Cisco Unity Connection*) distribuida por la WAN, que aporta una redundancia de la que adolecía el sistema previamente en producción. Los mensajes almacenados no serán migrados a la nueva plataforma de mensajería, aunque sí las locuciones personalizadas grabadas por los usuarios. Además, se establece un nuevo servidor CUC para aportar buzones de voz a uno de los nuevos cluster centralizados de telefonía.

Finalmente se añade un cluster de servidores UCCX (*Cisco Contact Center Express*) que gestionará los servicios de contact center demandados por el cliente.

El objetivo final es tener una solución robusta completamente redundada.

4.3 Componentes de la Solución

La figura 16 reúne y conecta a los principales componentes de la solución:

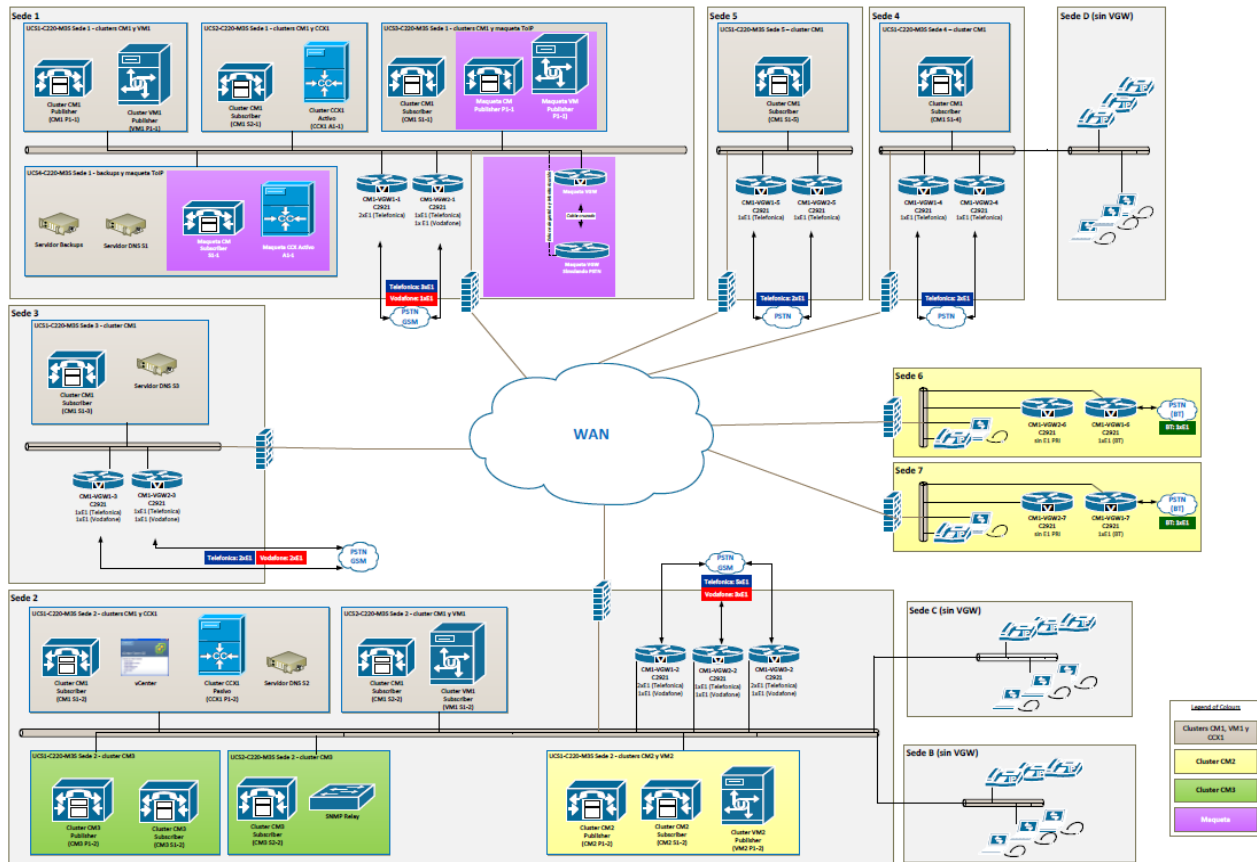


Figura 16: Arquitectura de voz propuesta

4.3.1 CUCM

Es el elemento clave del sistema de telefonía. Sus funciones principales son:

- Procesamiento de llamadas y enrutamiento de llamadas
- Control de clase de servicio, que dictamina quién puede llamar a dónde o desde dónde se puede recibir una llamada
- Integración con la mensajería de voz y con el contact center.
- Gestión de música en espera
- Gestión de conferencias

- Directorio Corporativo
- Coberturas de llamadas: grupos de salto y de captura
- Servicios adicionales de los teléfonos IP, como el gestor de llamadas Jefe-Secretaria o Extension Mobility
- Integración en cluster para proporcionar alta disponibilidad

En la figura 17 puede apreciarse la distribución lógica de los cluster de CUCM:

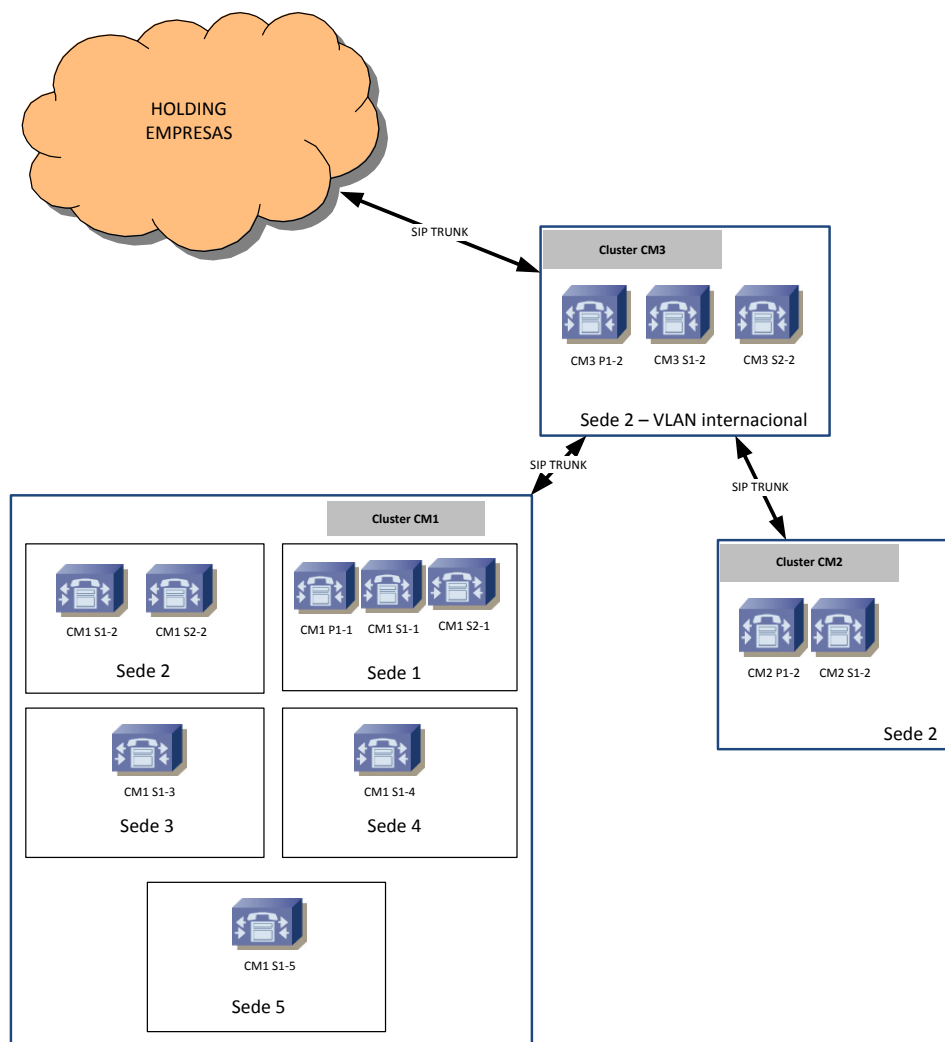


Figura 17: Distribución clusters de CUCM

El nuevo cluster distribuido, en adelante cluster CM1, estará formado por ocho servidores virtuales CUCM, un servidor publisher más siete servidores subscriber. La cantidad máxima de servidores que un cluster de estas características es capaz de soportar es nueve, por lo que en el futuro aún se podría añadir un subscriber adicional si fuera necesario.

Los servidores CUCM que forman parte del cluster CM1, que es el cluster principal de telefonía, están distribuidos por las sedes principales nacionales de la compañía, de modo que los servidores subscriber del cluster

sincronizan sus bases de datos con la del servidor publisher a través de la WAN, por donde también discurre el tráfico de señalización entre servidores CUCM del cluster.

Los servidores que forman parte del cluster CM1 son:

- 1x servidor CUCM publisher en Sede 1 -> CM1 P1-1
- 2x servidor CUCM subscriber en Sede 1 -> CM1 S1-1 y CM1 S2-1
- 2x servidor CUCM subscriber en Sede 2 -> CM1 S1-2 y CM1 S2-2
- 1x servidor CUCM subscriber en Sede 3 -> CM1 S1-3
- 1x servidor CUCM subscriber en Sede 4 -> CM1 S1-4
- 1x servidor CUCM subscriber en Sede 5 -> CM1 S1-5

Un nuevo cluster de telefonía centralizado cubrirá las necesidades de las nuevas delegaciones internacionales que se incorporen a la organización, comenzando por las sede 6 y 7, ubicadas en Reino Unido. Inicialmente se trata de un cluster de pequeño tamaño, y estará únicamente formado por dos servidores virtuales CUCM. Como la gestión del cluster corresponde al departamento IT del cliente en España, se decide ubicar ambos servidores en la sede 2, pues implementar clusters centralizados es la dinámica habitual cuando se trabaja con clusters de telefonía de tamaño reducido. En este caso, la sincronización de las bases de datos entre los servidores se realiza transfiriendo datos y señales por la LAN. Este cluster será denominado en adelante cluster CM2.

- 1x servidor CUCM publisher en Sede 2 -> CM2 P1-2
- 1x servidor CUCM subscriber en Sede 2 -> CM2 S1-2

Los usuarios del cluster CM1 podrán comunicar con los del cluster CM2 y viceversa mediante otro cluster centralizado de tres servidores virtuales CUCM, también instalados en el datacenter de la sede 2, conectados a una subred particular de acceso internacional, diferente a la subred a la que pertenecen los servidores del cluster distribuido CM1 y diferente a la subred a la que pertenecen los servidores del cluster centralizado CM2, todos ellos ubicados e instalados en esta misma delegación. Este cluster será denominado en adelante cluster CM3.

- 1x servidor CUCM publisher en Sede 2 -> CM3 P1-2
- 2x servidor CUCM subscriber en Sede 2 -> CM3 S1-2 y CM3 S2-2

El cluster CM3 es un cluster de servidores CUCM ligeramente diferente a los cluster CM1 y CM2, pues no admite el registro de terminales ni de gateways. Únicamente actúa como pasarela de comunicación entre los clusters de telefonía que forman parte de la compañía, clusters CM1 y CM2, y en un futuro próximo, entre estos cluster con el resto de sistemas de telefonía del holding de empresas. La subred internacional será la que se use para conectar a la compañía cliente con el resto de compañías internacionales que forman parte del holding de empresas. De hecho, todo equipo ideado para interactuar con otras compañías internacionales del grupo de empresas será conectado a la VLAN internacional e instalado en el mismo centro de datos de la sede 2, pues es la única delegación con este direccionamiento configurado.

Todas estas comunicaciones entre cluster se realizan mediante la configuración de diferentes troncales SIP, con un extremo del enlace troncal configurado en cada cluster que interconecta. El cluster CM3 negocia las diferentes características de los troncales SIP, y todas las llamadas entrantes y salientes que pasen por estos enlaces se distribuyen uniformemente entre los servidores subscriber del cluster, beneficiándose de un esquema que favorece el balanceo de carga y la redundancia activo-activo.

Así mismo, en este cluster se definirán las transformaciones y manipulaciones de dígitos que se aplicarán sobre la numeración recibida de las partes llamante y llamada, para poder incorporar los planes de numeración y de marcación configurados en los cluster CM1 y CM2 a unos planes de numeración y de marcación globales centralizados, comunes a todas las compañías del grupo de empresas.

4.3.2 CUC

Es el equipo clave del sistema de mensajería. Provee las siguientes funcionalidades:

- Mensajería unificada
- Gestión web del buzón de voz
- Integración con el sistema de telefonía
- Gestión de llamada entrante
- Integración IMAP (*Internet Message Access Protocol*) para el acceso a los mensajes almacenados en un servidor web desde internet
- Servicio de gestión de mensajes (*PhoneView*) en el teléfono IP
- Integración en cluster para proporcionar alta disponibilidad

El nuevo cluster de mensajería (cluster VM1), compuesto por un par de servidores virtuales CUC configurados en alta disponibilidad, aportará los buzones de voz y sus funcionalidades añadidas a todos los usuarios del cluster CM1. Sus bases de datos estarán sincronizadas a través de la WAN:

- 1x servidor CUC publisher en Sede 1 -> VM1 P1-1
- 1x servidor CUC subscriber en Sede 2 -> VM1 S1-2

Los buzones de voz de los usuarios del cluster CM2 serán gestionados mediante un único servidor virtual CUC:

- 1x servidor CUC en Sede 2 -> VM2 P1-2

4.3.3 UCCX

Es el equipo principal del contact center. Presenta las siguientes características:

- Enrutamiento de llamadas y capacidad de gestión global de los contactos
- Encolamiento de llamadas y mensajes de tiempo de espera en cola
- Distribución automática de llamadas (ACD) entre los agentes disponibles
- Informes de gestión del contact center en tiempo real y/o informes históricos
- Alta disponibilidad
- Herramientas de gestión de llamadas para los agentes (Cisco Agent Desktop) y de gestión del contact center para supervisores (Cisco Supervisor Desktop)

El cluster de UCCX (cluster CCX1) estará formado por un par de servidores virtuales conectados por la WAN en configuración de alta disponibilidad:

- 1x servidor UCCX Activo en Sede 1 -> CCX1 A1-1
- 1x servidor UCCX Pasivo en Sede 2 -> CCX1 P1-2

4.3.4 PLATAFORMA UCS

La plataforma UCS es una arquitectura compuesta por recursos de CPU, memoria, networking, almacenamiento y virtualización bajo un mismo sistema. Esta integración se traduce en una gran capacidad de almacenamiento mediante su *pool* de discos, en una administración sencilla y eficiente de sus máquinas virtuales y en grandes ahorros energéticos.

Puesto que no se cuenta con sistemas SAN (*Storage Area Network*) de almacenamiento, los equipos UCS con los que contamos para este diseño son UCS C220 M3S, que tienen doble fuente de alimentación para asegurar el servicio ante el fallo de una de ellas y se componen de 8 procesadores virtuales (8 cores). Presentan un rendimiento equilibrado al usarse en tareas que hacen un uso intensivo del almacenamiento, por lo que están recomendados para albergar aplicaciones de servidor virtual como CUCM, CUC o UCCX entre otras.

Atendiendo a las necesidades planteadas por el cliente, las especificaciones de la virtualización de los principales servidores que componen el diseño son:

- Cada servidor CUCM ocupa 2 virtual CPU para una capacidad de 7500 usuarios.
- Cada servidor CUC ocupa 4 virtual CPU para una capacidad de 10000 buzones de voz en modo alta disponibilidad *active/active*.
- Cada servidor UCCX ocupa 2 virtual CPU para una capacidad de 100 agentes/supervisores y 150 colas de servicio, usadas en las programaciones de la gestión de llamadas entrantes, en modo alta disponibilidad *active/standby*.

La tabla 10 muestra la distribución de los cores de cada *host* UCS entre las máquinas virtuales de la solución VoIP instaladas y ejecutándose en cada uno de ellos. El objetivo es evitar, en la medida de lo posible, que aquellos servidores que pertenezcan a un mismo cluster compartan *host* UCS, ofreciendo así una solución robusta, capaz de no verse completamente afectada ante la pérdida de conectividad con un *host* UCS.

Puede apreciarse que el primer *host* de la tabla, el *host* UCS1 de la sede 1, alberga dos máquinas virtuales: un servidor CUCM y un servidor CUC, que forman parte de los cluster CM1 y VM1 respectivamente. Mientras que el servidor CUCM consume dos de los ocho procesadores virtuales del *host* UCS, el servidor CUC consume cuatro de los ocho procesadores virtuales del UCS. Aún habría disponibilidad un par de procesadores virtuales para que cualquier otra máquina virtual pueda ejecutarse sobre este *host* UCS.

El *host* con mayor ocupación y consumo de CPU es el *host* 1 de la sede 2, que alberga cuatro máquinas virtuales: un CUCM y un UCCX con un consumo de dos procesadores virtuales cada uno, además de un vCenter virtualizado con un consumo de dos cores y un servidor DNS que funciona mediante un único procesador virtual.

UCS1-C220-M3S Sede 1 - clusters CM1 y VM1							
CPU 1				CPU 2			
CM1 P1-1				VM1 P1-1			
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
UCS2-C220-M3S Sede 1 - clusters CM1 y CCX1							
CPU 1				CPU 2			
CM1 S2-1				CCX1 A1-1			
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
UCS3-C220-M3S Sede 1 - clusters CM1 y maqueta ToIP							
CPU 1				CPU 2			
CM1 S1-1				CM Maqueta P1-1	VM Maqueta P1-1		
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
UCS4-C220-M3S Sede 1 - backups y maqueta ToIP							
CPU 1				CPU 2			
CM Maqueta S1-1	CCX Maqueta A1-1			DNS S1	Servidor Backup		
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
UCS1-C220-M3S Sede 2 - clusters CM1 y CCX1							
CPU 1				CPU 2			
CM1 S1-2		vCenter		CCX1 P1-2		DNS S2	
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4

UCS2-C220-M3S Sede 2 - cluster CM1 y VM1							
CPU 1				CPU 2			
CM1 S2-2				VM1 S1-2			
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
UCS1-C220-M3S Sede 3 - cluster CM1							
CPU 1				CPU 2			
CM1 S1-3				DNS S3			
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
UCS1-C220-M3S Sede 4 - cluster CM1							
CPU 1				CPU 2			
CM1 S1-4							
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
UCS1-C220-M3S Sede 5 - cluster CM1							
CPU 1				CPU 2			
CM1 S1-5							
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
UCS1-C220-M3S Sede 2 - cluster CM3							
CPU 1				CPU 2			
CM3 P1-2				CM3 S1-2			
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
UCS2-C220-M3S Sede 2 - cluster CM3							
CPU 1				CPU 2			
CM3 S2-2				SNMP Relay			
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
UCS1-C220-M3S Sede 2 - clusters CM2 y VM2							
				CPU 2			
CM2 P1-2	CM2 S1-2	VM2 P1-2					
Core 1	Core 2	Core 3	Core 4	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4

Tabla 10: Distribución de máquinas virtuales por host

Como puede apreciarse en la tabla anterior, además de las principales aplicaciones de la plataforma como son CUCM, CUC y UCCX, existe una serie de servidores virtuales con otros componentes de la solución de VoIP necesarios para el correcto funcionamiento de la telefonía IP:

- Servidores DNS (*Domain Name System*) en las tres sedes más concurridas que proporcionan redundancia al servicio de resolución de nombres.
- Servidor para almacenar todos los backup de las aplicaciones de telefonía.
- Servidor que reenvía los *traps* SNMP que generan las aplicaciones de telefonía a un servidor de monitorización global, gestionado por el departamento de IT, que controla todos los sistemas informáticos de la compañía.
- Maqueta con las principales aplicaciones para emular diferentes escenarios antes de aplicar algún cambio de configuración en un entorno de producción.
- Servidor con la aplicación vCenter 5.5 de VMWare para gestionar todas las máquinas virtuales que intervienen en la plataforma de voz.

4.3.5 CISCO VOICE GATEWAY

Son equipos de la familia ISR2 (*Integrated Services Router Generation 2*) usados para integrar la telefonía IP con sistemas de voz TDM, como la PSTN, mediante interfaces primarios E1 (ISDN PRI E1).

En ocasiones se usan estos gateways de voz como recursos de MTP (*Media Termination Point*), TRP (*Trusted Relay Point*), transcoding y/o recursos de conferencia.

No es posible adquirir el mismo modelo de gateway de voz que está dando servicio actualmente en las sedes de la compañía porque ya está descatalogado. Además, se acerca la fecha en la que el fabricante dejará de dar soporte definitivamente a estos equipos. Por ello, se propone al cliente que invierta en la adquisición de un nuevo parque de gateways de voz modelo Cisco 2921.

Cada una de las sedes principales del cluster CM1 dispondrá de al menos dos de estos gateways de voz Cisco para asegurar la redundancia de las comunicaciones locales de las sedes. Estos equipos permitirán conectar con la PSTN y con la red de telefonía móvil.

Al disponer de servidores CUCM subscriber en todas las sedes principales ya no será necesaria la configuración SRST en ningún gateway de voz, pues si una sede pierde conexión con la WAN, sus teléfonos permanecerán registrados en el servidor subscriber CUCM local, que asumirá el control del procesamiento de las llamadas, de modo que no se producirá corte alguno en las comunicaciones, aunque para alcanzar otras sedes las llamadas se cursarán a través de la PSTN.

Las dos sedes del cluster CM2 también dispondrán de dos gateways de voz de Cisco con accesos a la PSTN mediante enlaces primarios E1.

Las sedes satélite continuarán siendo una extensión de la LAN de la sede a la que estaban conectadas, por lo que las llamadas salientes/entrantes de estas sedes serán encaminadas hacia/desde las sedes 2 y 4, según la sede satélite de la que se trate. Estas sedes no tendrán mecanismo de redundancia en el caso de que se produzca una caída de la red que las une con su sede principal correspondiente.

4.3.6 GATEWAY ANALÓGICO

Son equipos dedicados para la conexión de teléfonos analógicos, máquinas de fax, módems o altavoces a un sistema de telefonía IP, de manera que pueden ser referenciados como una extensión telefónica más del plan de numeración. Un solo dispositivo centraliza la conectividad de varios dispositivos analógicos. En este proyecto trabajaremos con un equipo de 24 puertos denominado VG310 en cada sede principal.

Estos gateways analógicos suponen para las compañías un importante ahorro de costes, al poder reutilizar sistemas analógicos productivos presentes en el momento de la migración. En la figura 18 se aprecia un esquema de la integración del gateway analógico con la telefonía IP:

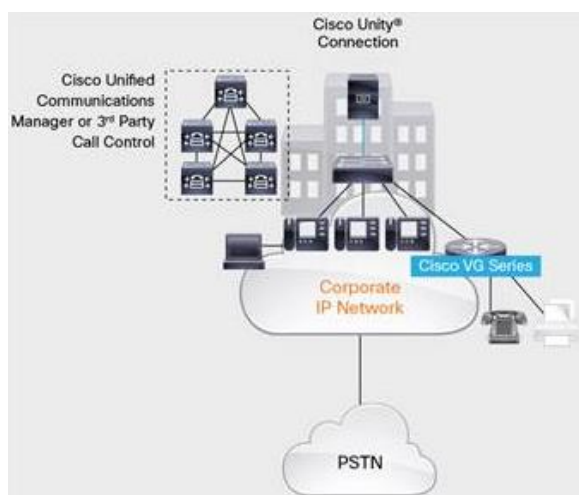


Figura 18: Integración Gateway Analógico y ToIP [3]

4.3.7 TELÉFONOS IP

Puesto que la securización de la plataforma no entra en el ámbito de este proyecto de migración, podrán reutilizarse todos los terminales IP sin dar al traste con una robusta solución securizada. En caso de avería de algunos terminales, el contrato de mantenimiento no responderá con la simple sustitución del teléfono por otro del mismo modelo, pues ya están fuera de soporte. Para esos casos, en la tabla 11 podemos ver la recomendación de adquisición de terminal equivalente al averiado a partir del 1 febrero de 2016, que es la fecha anunciada en la que el fabricante cesará la venta de los modelos C7942 y C7962:

Dispositivo sin mantenimiento	Dispositivo equivalente
ATA186	ATA190
C7911 / C7912	C6921
C7940 / C7941	C8811
C7960 / C7961	C8851
C7936 / C7937	C8831

Tabla 11: Modelos sustitutivos de terminales

Es necesario adquirir suficientes teléfonos C7942 y C7962 para sustituir a todos los terminales analógicos y digitales de las sedes actualmente activas, a excepción de las sedes A y E.

Como ya se mencionó, los terminales C7942 y C7962 de los que dispone el cliente en stock se usarán en el despliegue de las sedes 6 y 7 del nuevo cluster CM2 y para las nuevas altas del resto de las sedes.

4.4 Infraestructura de Red

La telefonía IP debe cumplir con estrictos requerimientos en cuanto a pérdidas de paquetes, retardos y jitter. Por eso, el cliente final debe propiciar un escenario con mecanismos de QoS habilitados en los diferentes routers y switches bajo su gestión a lo largo de la red corporativa. Por la misma razón, debe existir una redundancia de dispositivos y de enlaces de red que proporcionen una rápida convergencia tras fallos en la red o cambios de topología.

4.4.1 RESTRICCIONES DE SEGURIDAD

Para que el diseño de la nueva arquitectura de comunicaciones sea validado por el cliente debe ajustarse a las normas y restricciones que dicta su política de seguridad corporativa, definida por el departamento de seguridad informática.

Los sistemas de telefonía IP continuarán desplegados en las instalaciones del cliente, repartidos por varias sedes, pero en esta ocasión la DMZ que separa la red de voz de la de datos será una red interna del cliente. Por lo tanto, no habrá acceso remoto a la plataforma como en la situación inicial.

Otro requisito adicional planteado por el departamento de seguridad informática fue la necesidad de encriptar al menos todas las llamadas que se cursen por la red MPLS gestionada por el proveedor de telecomunicaciones y que interconecta a las diferentes delegaciones del cliente. Por el momento no se plantea la encriptación del tramo de red local de cada sede. Para ello, el tráfico de VoIP será encaminado hacia la WAN pasando por los equipos encriptadores que se usan para la transmisión de datos. Se valoran dos opciones, siendo la primera de ellas la preferida por el departamento de seguridad:

- Separar los tráficos de voz y datos mediante la configuración de trunks en los propios encriptadores, de forma que el tráfico de voz se envía al operador de telecomunicaciones marcado como tráfico multimedia y se le aplica QoS.
- El propio operador de telecomunicaciones separará los tráficos de voz y datos mediante políticas de enrutamiento.

Respecto a la gestión de la plataforma la política de seguridad del cliente exige:

- El acceso a los servidores para labores de administración será efectuado mediante conexiones cifradas para no mostrar en texto plano las credenciales.
- Todo administrador del sistema de telefonía accederá con credenciales personales a los equipos y su registro y las acciones desarrolladas en los equipos quedarán almacenados durante doce meses en una base de datos central.

- La configuración de los equipos y sus copias de seguridad deben almacenarse en ubicaciones diferentes.

4.4.2 CONSIDERACIONES LAN

El diseño de la infraestructura LAN requiere seguir unas mejores prácticas básicas para obtener una solución de alta disponibilidad, entre ellas:

- Conexión redundada de los UCS que albergan a los servidores de la solución de telefonía y de los gateways de voz. Estos equipos presentan doble tarjeta de red, por lo que cada puerto *Ethernet* estará conectado a un switch Cisco 3560 diferente para que se pueda preservar el servicio en caso de caída de uno de ellos.
- Desplegar QoS extremo a extremo en la red.

Cada VLAN debe estar confinada a un solo switch de capa 2, de forma que se limita el tamaño del dominio de broadcast y se eliminan posibles bucles en la capa de acceso que podrían interrumpir temporalmente el flujo de la voz por la convergencia del protocolo spanning-tree. No obstante, con técnicas como RSTP (*Rapid Spanning Tree Protocol*) o MISTP (*Multiple Instance Spanning Tree Protocol*) la convergencia del protocolo es mucho más rápida. Una regla de oro es limitar a 512 el número de dispositivos por VLAN (máscara de red de 23 bits).

En despliegues de telefonía Cisco se recomienda habilitar dos VLAN en la capa de acceso, una VLAN nativa para tráfico de datos y una VLAN de voz para tráfico de voz. Las razones para ello son las siguientes:

- Conservación del espacio de direccionamiento mediante asignación de direccionamiento privado a los dispositivos de telefonía y protección de los dispositivos de voz frente a redes externas, especialmente frente a la red pública.
- Se pueden extender los mecanismos de QoS solamente a dispositivos de voz pero no a PCs y equipos de datos.
- El etiquetado 802.1q puede ofrecer protección a los dispositivos de voz frente a gusanos y ataques por DoS.
- Facilidad de gestión y una configuración de QoS simplificada.

Para proporcionar una alta calidad de voz y aprovechar todas las funcionalidades que la telefonía IP facilita, los switches de capa 2 deben cumplir una serie de requisitos:

- 802.1p y 802.1q para un tratamiento eficaz del marcado de paquetes CoS de capa 2 en los puertos en los que están conectados teléfonos IP.
- Colas múltiples de tráfico saliente para poder priorizar por una de ellas los flujos RTP de los paquetes de voz.
- Capacidad de clasificar tráfico.
- Capacidad de implementar listas de control de acceso QoS, muy útil si se usa un softphone.

- Muy recomendable obtener alimentación en línea mediante PoE (*Power over Ethernet*).

La QoS no era tan importante en redes corporativas porque las redes de datos toleraban la pérdida de paquetes. Con la llegada de la voz y el video, los buffers juegan un importante papel. Son manejados por herramientas de QoS de forma que se minimicen la pérdida de paquetes, los retardos y el jitter.

Algunas técnicas de QoS extremo a extremo necesarias en una red para gestionar tráfico y asegurar la calidad de la voz son:

- Clasificación del tráfico de voz pero no de datos.
- Encolamiento o planificación del envío de la voz por una cola prioritaria específica.
- Establecimiento de ancho de banda exacto requerido por cada aplicación, incluyendo las cabeceras de los protocolos de las capas inferiores.

4.4.3 CONSIDERACIONES WAN

Antes de enviar por la red voz y video hay que asegurarse de que existe un ancho de banda adecuado para las necesidades del cliente. Más tarde, se debe establecer una cola similar a la de LAN para priorizar la voz en todos los interfaces. Esta acción reducirá el jitter y la posible pérdida de paquetes si una ráfaga de tráfico satura los buffer.

Se hacen necesarios mecanismos basados en modelado de tráfico para asegurar que a los enlaces WAN no llega más tráfico del que pueden procesar, algo que provocaría pérdida de paquetes.

Tendremos en cuenta diferentes tipos de tráfico:

- Tráfico de voz

Como ya se ha comentado, la calidad de las llamadas es clave en una infraestructura de telefonía IP. Hay que preparar la LAN y la WAN para que los usuarios finales no detecten por sí mismos posibles problemas de calidad en ToIP. La implementación de QoS es vital, más aún en despliegues centralizados, puesto que servicios como mensajería de voz, ACD o gestión de colas dependen de la red que transporta los paquetes de voz desde las sedes remotas a la sede central.

Los requerimientos de QoS necesarios para el tránsito del tráfico de voz a través de la WAN se resumen a continuación:

- El tráfico de voz se marcará como crítico con DSCP EF (*Differentiated Services Code Point - Expedited Forwarding*)
- Pérdidas de paquetes menores al 1%
- La latencia en un sentido (de boca a oído) debe ser menor a 150 mseg
- El jitter promedio en un sentido debe ser menor a 30 mseg

- Tráfico de señalización

Los requerimientos de QoS necesarios para el tránsito del tráfico de señalización a través de la WAN se resumen a continuación:

- El tráfico de señalización se marcará con DSCP CS3
- Al menos un ancho de banda de 150 bps (más el encabezamiento de la capa 2) por teléfono IP con señalización SCCP para registrarse en un CUCM

Para este diseño se puede calcular el ancho de banda necesario para el tráfico de control cuando se usa señalización SCCP mediante estas expresiones definidas en la guía de diseño del fabricante:

- BW con encriptación de la señalización:

$$\text{BW (bps)} = (73.5 + 33.9 \cdot \text{CH}) (\text{Núm_tlfs_IP} + \text{Núm_gateways_voz_sede}),$$

siendo CH (*Calls per Hour*) el promedio de llamadas por hora en cada teléfono. Suele suponerse CH = 10

- BW sin encriptación de la señalización:

$$\text{BW (bps)} = (53 + 21 \cdot \text{CH}) (\text{Núm_tlfs_IP} + \text{Núm_gateways_voz_sede}),$$

siendo CH (*Calls per Hour*) el promedio de llamadas por hora en cada teléfono. Suele suponerse CH = 10

El alcance de este proyecto de migración no contempla la capa de securización de la VoIP, que será propuesta como una evolución de la plataforma más adelante.

Así, la tabla 12 muestra el ancho de banda estimado en cada sede para el tráfico de señalización, considerando este tráfico sin encriptación, y cuando los dispositivos SCCP de la sede se registran en un servidor CUCM remoto a través de la WAN. Sus valores son fruto de la aplicación para cada sede de la fórmula del BW sin encriptación de la señalización.

Se ha considerado un crecimiento inicial a corto plazo del 5% del parque de teléfonos IP para las sedes principales y de un 10% para las sedes secundarias y, además, se han incluido en las sedes 6 y 7 los 54 teléfonos IP que se reutilizarán de las antiguas sedes A y E junto al pequeño stock de terminales disponible con el que se contaba previamente.

Finalmente, se ha considerado un promedio de diez llamadas cada hora por teléfono, según la aproximación estimada por el cliente final.

Sede	Teléfonos IP	Gateway Voz	BW estimado sin encriptación (Kbps)
Sede 1	2062	2	542.83
Sede 2	5731	3	1508.04
Sede 3	1904	2	501.28
Sede 4	586	2	154.65
Sede 5	370	2	97.84
Sede 6	75	2	20.25
Sede 7	70	2	18.94
Sede B	42	0	11.05
Sede C	22	0	5.79
Sede D	19	0	4.99

Tabla 12: Ancho de banda de señalización por sede

- Comunicación intracluster

Para que un cluster sobre la WAN funcione correctamente, se deben diseñar varias características de la WAN con minuciosidad, de modo que se cumplan los requisitos de ancho de banda, baja latencia y jitter en las comunicaciones entre los servidores que forman parte del cluster. Es necesario aplicar técnicas de calidad de servicio a los enlaces WAN que mantienen cohesionado el cluster.

La información de señalización intercambiada entre los servidores CUCM que forman parte del cluster de telefonía, ICCS (*Intra-Cluster Communications Signaling*), está compuesta por varios tipos de tráfico que pueden ser clasificados como prioritarios o como *best-effort* mediante marcas *Diffserv*.

Los requerimientos de QoS necesarios para que un cluster de CUCM por la WAN sea viable son:

- Máximo RTT permitido entre dos servidores es 80 mseg
- Clasificación de este tráfico como prioritario, IP Precedence 3.
- Al menos 1,544 Mbps de ancho de banda dedicado para al menos 10000 BHCA (*Busy Hour Call Attempt*) entre sedes remotas conectadas por la WAN, siendo BHCA un intento llamada en la hora de mayor ocupación de los enlaces
- Al menos 1,544 Mbps para replicaciones de bases de datos ente subscriber y publisher y otros tráficos entre servidores.

Para este diseño se puede calcular el ancho de banda necesario para este tipo de tráfico mediante la siguiente expresión definida en la guía de diseño del fabricante:

$$BW_{\text{total(Mbps)}} = \frac{\text{Total}_{\text{BHCA}}}{10000} (1 + 0,006 \cdot \text{RTT(mseg)})$$

4.5 Diseño de CUCM

Se desplegará un conjunto de servidores CUCM clusterizado sobre la WAN, es decir, varias sedes interconectadas mediante una red IP WAN completamente mallada, con QoS habilitada y formando un cluster de servidores CUCM.

Algunas de las principales ventajas de tener un cluster en la WAN son:

- Punto de administración único de la plataforma
- Líneas compartidas
- Extension Mobility
- Plan de numeración unificado

4.5.1 DISEÑO DE REDUNDANCIA

La robustez del diseño propuesto para CUCM se sostiene sobre la redundancia en el registro de los terminales, en el procesamiento de las llamadas, y en el acceso a los servidores TFTP y/o CTI (*Computer Telephony Integrator*). Las aplicaciones CTI son aquellas que hacen uso de funcionalidades propias de la telefonía desde ordenadores.

Se establecerá un modelo de *failover* remoto, de modo que ante cualquier contingencia, la configuración de un servidor del cluster puede ser copiada en otro servidor del cluster, del mismo modo que la base de datos de un servidor del cluster puede ser replicada en otro servidor del cluster. Un servidor CUCM será capaz de tomar el control de las llamadas ante alguna contingencia del servidor seleccionado originalmente para ello.

Como se explicó previamente, al disponer de servidores CUCM subscriber en todas las sedes que tienen gateways de voz instalados, no es necesaria la configuración de supervicencia SRST, pues ante una pérdida de conexión con la WAN, los teléfonos de una determinada sede permanecerán registrados en el subscriber CUCM local, que será el encargado de procesar sus llamadas.

Se establecen grupos de servidores CUCM en los que, en caso de caída del subscriber local, se priorizan los subscriber a los que pasaría el registro y el procesamiento de llamadas de cada localización. El primer CUCM de cada grupo será el CUCM primario del grupo y los otros servidores CUCM del mismo grupo serán los servidores secundarios o de backup. Puesto que el servidor publisher del cluster en principio no se encargará del procesamiento de llamadas, nunca será servidor primario en ningún grupo.

El procesamiento de llamadas es propiciado por el servicio Call Manager de los diferentes servidores CUCM:

- Los dispositivos del cluster CM1 se deben registrar, como norma general, en los servidores CUCM subscriber locales de cada sede, y en caso de fallo del subscriber primario, se registrarán en el primer servidor subscriber secundario del grupo de CUCM en cuestión.
- Los dispositivos del cluster CM2 se registrarán en el subscriber, y en caso de fallo, lo harán en el publisher, localizado también en la sede 2. Es así porque este cluster está compuesto únicamente por dos CUCM.

Operando así, tanto el registro de terminales como la distribución de la carga de procesamiento de llamadas se reparte entre varios servidores, algo que mejora el tiempo de respuesta del *failover* y del *fallback* ante contingencias. Como los dispositivos del cluster están distribuidos entre varios servidores, sólo algunos de ellos tendrán la necesidad de cambiar su nodo de registro y procesamiento de llamadas cuando el servidor primario en el que estaban registrados caiga. Así, se puede reducir mucho el impacto del servicio cuando un servidor deja de estar disponible.

En la tabla 13 puede apreciarse la relación priorizada entre cada sede y su política de redundancia de servidores correspondiente, pensada en base a la proximidad geográfica entre las sedes. Hay que tener en cuenta que a efectos de redundancia y procesamiento de llamadas, los dispositivos de las sedes B y C son considerados como dispositivos de la sede 2 y los de la sede D se consideran de la sede 4.

Atendiendo al cluster CM1, puede apreciarse que la primera opción seleccionada para el registro de dispositivos y el procesamiento de las llamadas en la sede 1 es el servidor CUCM subscriber 1 de la sede 1, que actúa como servidor CUCM primario en la sede 1. En caso de problemas con ese servidor, entran en acción los servidores CUCM secundarios asociados a la sede 1. En ese caso, los dispositivos de la sede 1 se registrarán en el servidor CUCM subscriber 2 de la misma sede. Si también se presentan problemas en ese servidor, la última opción seleccionada para el registro de los terminales de la sede 1, y para el procesamiento de sus llamadas, será el servidor CUCM subscriber 1 de la sede 3.

Atendiendo al cluster CM2, puede apreciarse que la primera opción seleccionada para el registro de dispositivos de las sedes 6 y 7, y para el procesamiento de sus llamadas, es el servidor CUCM subscriber del cluster CM2 (CM2 S1-2), situado en la sede 2, que actúa como servidor CUCM primario para las sedes 6 y 7. En caso de problemas con ese servidor, entra en acción el servidor CUCM secundario asociado a las sedes 6 y 7, que es el servidor CUCM publisher del cluster CM2 (CM2 P1-2), también ubicado en la sede 2.

Cluster CM1					Cluster CM2	
Sede 1	Sede 2	Sede 3	Sede 4	Sede 5	Sede 6	Sede 7
CM1 S1-1	CM1 S1-2	CM1 S1-3	CM1 S1-4	CM1 S1-5	CM2 S1-2	CM2 S1-2
CM1 S2-1	CM1 S2-2	CM1 S1-4	CM1 S1-3	CM1 S1-3	CM2 P1-2	CM2 P1-2
CM1 S1-3	CM1 S1-5	CM1 S1-1	CM1 S1-5	CM1 S1-4		

Tabla 13: Redundancia de servidores CUCM

En la tabla 14 se recoge la distribución de teléfonos del cluster CM1 en los diferentes servidores subscriber que lo componen, usando para cada sede la estimación de teléfonos mostrada en la tabla 12, y tomando al servidor CUCM subscriber primario de cada sede como primera opción de registro de sus terminales. También se tienen en cuenta los servidores CUCM subscriber secundarios de cada sede como opciones secundarias de registro de sus terminales, responsabilidad que deben asumir sólo en caso de caída del servidor CUCM subscriber primario asignado a la sede en cuestión.

En la tabla 13 ya se mostró que para el cluster CM1, la sede 1 tomaba como servidor CUCM subscriber primario al servidor CUCM subscriber 1 de la sede 1 (CM1 S1-1). Esta misma sede tomaba como primer servidor CUCM subscriber secundario al servidor CUCM subscriber 2 de la sede 1 (CM1 S2-1), y como última opción para el registro de terminales tomaba al servidor CUCM subscriber 1 de la sede 3 (CM1 S1-3).

Pues bien, se considera que la sede 1 contará con 2062 teléfonos, que tratarán de registrarse en el servidor CM1 S1-1, que es el servidor CUCM subscriber primario de la sede 1. Si no es posible el registro de los terminales, esos 2062 dispositivos tratarán de registrarse en el primer servidor CUCM subscriber secundario, CM1 S2-1. Si tampoco fuera posible el registro de terminales en este servidor, aún queda la opción de registrar los 2062 teléfonos en el segundo servidor CUCM subscriber secundario, CM1 S1-3. Los diferentes intentos de registro de los terminales de cada sede en sus servidores CUCM subscriber secundarios son denominados backup1 y backup2 en la entrada de la tabla 14 correspondiente a cada sede.

Subscriber Sede	CM1 S1-1	CM1 S2-1	CM1 S1-2	CM1 S2-2	CM1 S1-3	CM1 S1-4	CM1 S1-5
1	2062	2062 (backup1)			2062 (backup2)		
2			5731	5731 (backup1)			5731 (backup2)
3	1904 (backup2)				1904	1904 (backup1)	
4					586 (backup1)	586	586 (backup2)
5					370 (backup1)	370 (backup2)	370
B			42	42 (backup1)			42 (backup2)
C			22	22 (backup1)			22 (backup2)
D					19 (backup1)	19	19 (backup2)
Teléfonos IP registrados en cada subscriber	2062	-	5795	-	1904	605	370
Teléfonos IP registrados en cada subscriber (incluyendo registro de teléfonos ante caídas de subscribers)	3966 (1904 backup)	- (2062 backup)	5814 (- backup)	- (5795 backup)	4941 (3037 backup)	2879 (2274 backup)	6770 (6400 backup)

Tabla 14: Distribución de teléfonos por servidor CUCM en cluster CM1

En la tabla anterior se aprecia que en el peor caso de que caigan varios servidores CUCM, ninguno de los servidores operativos alcanzaría la cifra de 15000 teléfonos registrados, que es máximo que permite su capacidad.

De igual forma, la tabla 15 recoge los datos para el cluster CM2, usando la cantidad de teléfonos estimada en la tabla 12 para las sedes 6 y 7, pero teniendo en cuenta que sólo existe un servidor CUCM subscriber en este

cluster, por lo que hay únicamente una opción secundaria posible para el registro de terminales, que es el servidor CUCM publisher del cluster. Considerando esto, a diferencia de la tabla 14, en la tabla 15 sólo existe backup1 en las entradas de la tabla correspondientes a las sedes 6 y 7, y siempre está asociado al servidor CUCM publisher del cluster.

Sede \ Servidor	CM2 S1-2	CM2 P1-2
6	75	75 (backup1)
7	70	70 (backup1)
Teléfonos IP registrados en cada servidor	145	-
Teléfonos IP registrados en cada servidor (incluyendo registro de teléfonos ante caída del subscriber)	145 (- backup)	- (145 backup)

Tabla 15: Distribución de teléfonos por servidor CUCM en cluster CM2

Todos los servidores CUCM serán también servidores TFTP para propiciar una redundancia máxima en la descarga de las configuraciones de los dispositivos. Bajo esa premisa, cada vez que haya que cargar un archivo en los terminales será necesario cargarlo previamente en cada uno de los servidores CUCM/TFTP.

Para que los teléfonos IP aprovechen la redundancia de servidores TFTP, debe ser configurada la opción ciento cincuenta en el servidor DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), indicando las direcciones IP de un par de servidores TFTP. Se configurarán un par de ámbitos en la VLAN de voz, de modo que a cada dispositivo se le asigne un servidor TFTP primario y otro secundario.

Por otra parte, las aplicaciones CTI se comunican con los servidores subscriber capaces de procesar llamadas, es decir, aquellos que tienen activado el servicio Call Manager. Esta relación entre ordenadores y telefonía se gestiona mediante el servicio CTI Manager. La mayoría de estas aplicaciones puede elegir entre un par de servidores CUCM/CTI, de modo que si falla la comunicación entre uno de ellos y la aplicación, ésta intentará comunicarse con el otro servidor.

La relación entre cada sede y sus servidores TFTP y CTI asociados puede observarse en la tabla 16. Igualmente, a efectos de redundancia TFTP o CTI, los dispositivos de las sedes B y C son considerados como dispositivos de la sede 2, mientras que los dispositivos de la sede D se consideran de la sede 4.

Para el cluster CM1, los dispositivos de la sede 1 descargarán su archivo de configuración de los servidores CUCM subscriber locales de la sede 1, tomando como primera opción el subscriber 2 y como segunda el subscriber 1. Los dispositivos de la sede 2 descargarán su archivo de configuración de los CUCM subscriber locales de la sede 2, pero en esta ocasión se toma como primera opción el subscriber 1 y como opción alternativa el subscriber 2.

Los dispositivos de las sedes 6 y 7, ambas sedes ligadas al cluster CM2, descargarán su archivo de configuración del servidor subscriber CUCM del cluster CM2, y como opción secundaria, lo harán del servidor CUCM publisher del cluster CM2:

Cluster CM1					Cluster CM2	
Sede 1	Sede 2	Sede 3	Sede 4	Sede 5	Sede 6	Sede 7
CM1 S2-1	CM1 S1-2	CM1 S1-3	CM1 S1-4	CM1 S1-5	CM2 S1-2	CM2 S1-2
CM1 S1-1	CM1 S2-2	CM1 S1-4	CM1 S1-3	CM1 S1-4	CM2 P1-2	CM2 P1-2

Tabla 16: Relación entre sede y servidores TFTP

La plataforma de telefonía CUCM puede integrarse con el directorio activo corporativo (Microsoft Active Directory) mediante comunicaciones asociadas al protocolo seguro LDAPS (*Lightweight Directory Access Protocol over SSL*), surgidas tras configurar propiamente la centralita. Se logra una sincronización de forma que los datos de los usuarios almacenados en el directorio activo son los mismos datos que alimentan a los servidores de telefonía.

El servidor publisher CUCM dispone de una base de datos integrada para almacenar los datos de usuarios y una sección en la web de administración que permite crear y gestionar usuarios para alimentar esa base de datos.

Cuando se habilita la sincronización entre LDAP y CUCM, la base de datos interna del CUCM se sigue usando pero no es posible añadir o gestionar los usuarios desde la web de administración. Lo que ocurre es que la base de datos del publisher del CUCM importa la información de los usuarios desde el directorio LDAP. Se trata de información no modificable desde el CUCM [18].

Otras informaciones adicionales de los usuarios, como las asociaciones de dispositivos a usuarios, las teclas de marcación rápida, o el PIN que aplicarán los usuarios en los teléfonos, sí se gestionan desde la web de administración del CUCM, pues son datos que no existen en el servidor corporativo LDAP.

La información de los usuarios se propaga desde el publisher del cluster al resto de servidores CUCM del cluster mediante la sincronización de sus bases de datos.

Algunos de los atributos de los usuarios que se sincronizan desde el directorio activo corporativo de la compañía cliente con atributos propios del servidor publisher del cluster de CUCM se recogen en la tabla 17:

Atributos asociados con usuarios en CUCM	Atributos de Microsoft Active Directory
User ID	Uno entre estos: sAMAccountName mail employeeNumber telephoneNumber userPrincipalName
First Name	givenName
Middle Name	Uno entre estos: middleName initials
Last Name	Sn
Manager ID	Manager
Department	Department
Phone Number	Uno entre estos: telephoneNumber ipPhone
Mail ID	Uno entre estos: mail sAMAccountName

Tabla 17: Relación de usuarios en CUCM con atributos LDAP [18]

Los usuarios finales se podrán autenticar en las aplicaciones y clientes de telefonía introduciendo sus credenciales corporativas de domino. Esta característica también presenta redundancia, gracias al uso de dos controladores de dominio ubicados en las sedes 1 y 2.

Algunas de las aplicaciones y clientes que permiten el acceso a usuarios mediante sus credenciales de dominio son:

- Portal web de opciones de usuario para CUCM y CUC
- Portal para gestión la bandeja de entrada del CUC
- Web de administración de CUCM, CUC y UCCX
- Aplicaciones de escritorio de agentes y supervisores de un contact center
- IP Manager Assistant para gestionar las llamadas de los managers por parte de sus asistentes

Se puede apreciar gráficamente en la figura 19 la autenticación de usuarios en las aplicaciones de ToIP:

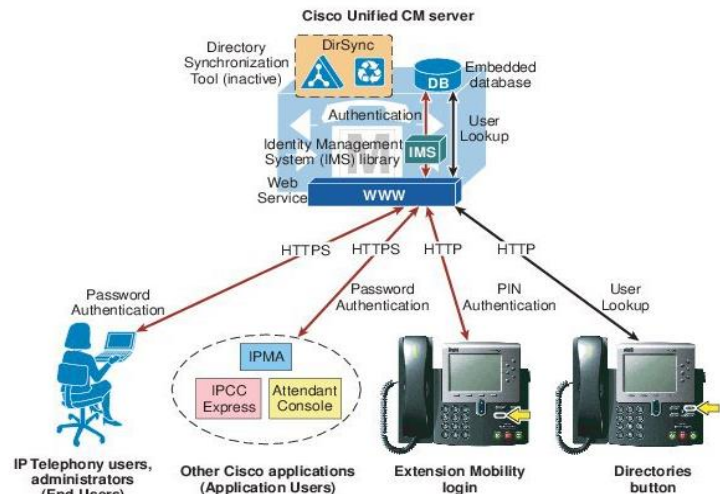


Figura 19: Autenticación LDAP de usuarios en aplicaciones de ToIP [18]

4.5.2 REGIONES

Una de las clasificaciones que permite la centralita IP está basada en los codec usados por cada grupo de dispositivos. Todos los dispositivos de una determinada región comparten el uso de un determinado codec cuando contactan con dispositivos incluidos en la misma región. Igualmente, se establece el codec de voz que se usará en las comunicaciones entre diferentes regiones o grupos de dispositivos.

Asignaremos una región a cada sede. Las comunicaciones internas de una misma sede usarán el codec G.711 para obtener una calidad de la voz mejorada, pues normalmente en LAN no suele haber problemas de congestión. También se usará este codec para el envío del flujo de música en espera.

Las comunicaciones entre sedes remotas usarán como codec G.729 para ahorrar ancho de banda sin perder mucha calidad de voz.

Usar el codec iLBC no es la mejor opción posible en este caso, pues además de ser un codec muy intensivo en cuanto al consumo de recursos de CPU, no está soportado por algunos modelos de terminales existentes en el cliente, como C7912, C7936, C7940, C7941, C7960 o C7961.

Al escoger un codec, se está especificando la tasa de transferencia máxima permitida de bits de audio, sin tener en cuenta la capa de transporte y, por lo tanto, se está limitando el ancho de banda consumido por las llamadas de voz de una sede.

La tabla 18 resume el códec usado en las comunicaciones entre todas las sedes de la compañía cliente:

Región	1	2	3	4	5	6	7	B	C	D	MoH
1	G.711	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711
2	G.729	G.711	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711
3	G.729	G.729	G.711	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711
4	G.729	G.729	G.729	G.711	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711
5	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711
6	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711
7	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711	G.729	G.729	G.729	G.711
B	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711	G.729	G.729	G.711
C	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711	G.729	G.711
D	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.729	G.711	G.711
MoH	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711

Tabla 18: Uso de codec entre sedes

4.5.3 LOCALIZACIONES

En un despliegue de telefonía IP distribuido por sedes, las localizaciones ofrecen un mecanismo para controlar el acceso de las llamadas al medio mediante la asignación de un determinado ancho de banda disponible.

Si no se controla el acceso de las llamadas a la WAN, una cantidad ilimitada de llamadas concurrentes podrían estar activas en un mismo enlace, provocando que la calidad de audio de todas y cada una de las llamadas se degrade cuando el enlace sobrepase su caudal establecido.

Teniendo en cuenta el límite de ancho de banda fijado, cuando una llamada por la red IP se va a establecer entre dos sedes, la centralita determinará previamente si hay suficiente ancho de banda disponible en base a la cantidad de llamadas cursadas en ese momento entre las sedes involucradas y en base al codec usado para esas comunicaciones, determinado por sus regiones asociadas. Si no hay suficiente ancho de banda en la red, entra en juego la funcionalidad AAR (*Automated Alternate Routing*) para encaminar la llamada por la red pública.

Independientemente de esto, el cliente debe proveer en la WAN los mecanismos QoS más adecuados para que la calidad de voz se preserve en las comunicaciones.

La tabla 19 representa el ancho de banda ocupado por cada comunicación en base al codec usado:

Audio Codec	Ancho de Banda usado por paquete de datos (Fijo, independientemente del tamaño del paquete)	Ancho de Banda usado por llamada (incluyendo cabeceras IP), con paquetes de datos de 30 mseg	Ancho de Banda usado por llamada (incluyendo cabeceras IP), con paquetes de datos de 20 mseg
G.711	64 kbps	81,6 kbps	90,4 kbps
G.729	8 kbps	25,6 kbps	34,4 kbps
iLBC	15 kbps	24 kbps	27,7 kbps

Tabla 19: Ancho de banda según codec usado

Según el estudio del uso de la telefonía efectuado por el cliente y las llamadas simultáneas efectuadas en BHT (*Busy Hour Traffic*), se observa que actualmente no existirán problemas de saturación en la red, pues los caudales de ancho de banda están sobredimensionados. No obstante, se establecerán límites al ancho de banda pensando en el crecimiento futuro de usuarios de telefonía esperado a corto y medio plazo.

La mayor reserva de ancho de banda debe efectuarse para las sede 1, 2 y 3 que son las que más teléfonos y usuarios tienen. Según el tipo de negocio del cliente, en primera aproximación, se estima que como máximo un 25% de los teléfonos de cada sede estarán realizando llamadas VoIP al mismo tiempo, y de ellas un 60% serán llamadas dentro de la misma sede y un 40% llamadas a otras sedes. Se calcula que únicamente el 10% de las llamadas a otras sedes atravesarán el cluster CM3, es decir, sólo el 10% de esas llamadas tendrán como destino a una sede internacional, o en el futuro, a otras empresas del grupo, lo que equivale a unas 110 llamadas concurrentes a destinos internacionales como máximo, teniendo en cuenta todas las sedes.

Por otra parte, se considera el peor escenario posible atendiendo a la reserva de ancho de banda necesario, con paquetes de datos de 20 mseg.

Considerando además la cantidad de teléfonos por sede ya calculada en la tabla 12, se puede apreciar la estimación aproximada de reserva de ancho de banda asignado a cada una de las localizaciones en la tabla 20:

Sede	Teléfonos IP	BW reservado (Mbps)
Sede 1	2062	36
Sede 2	5731	100
Sede 3	1904	33,5
Sede 4	586	11
Sede 5	370	7
Sede 6	75	1,5
Sede 7	70	1,5
Sede B	42	1
Sede C	22	1
Sede D	19	1

Tabla 20: Reserva de ancho de banda por sede

Estos límites establecidos en las localizaciones en primera aproximación podrán incrementarse durante la fase piloto y los primeros días de entrada en servicio en caso de que se generen incidencias con el ancho de banda.

4.5.4 GRUPOS DE FECHA Y HORA

Permiten asignar la hora correcta a un conjunto de dispositivos. Será importante atendiendo a la expansión internacional de la compañía, comenzando por las dos sedes de reciente implantación en Reino Unido.

La tabla 21 muestra el par de grupos Fecha/Hora que se tendrán en cuenta en esta migración:

Nombre Grupo	Zona horaria	Cambio hora anual	Formato Fecha	Formato Hora
ES_GMT1	Europe/Madrid	Sí	D/M/A	24-horas
UK_GMT	Europe/Londres	Sí	D/M/A	24-horas

Tabla 21: Grupos Fecha/hora

4.5.5 GRUPOS DE PRESENCIA

Mediante la característica de presencia, los usuarios interesados con los permisos adecuados, son capaces de monitorizar en tiempo real si una línea asignada a un dispositivo de destino está ocupada o está libre, permitiendo comunicar con ella en ese momento.

Los grupos de presencia controlan quién puede observar el estado de presencia a quién. Mediante la asignación de privilegios se permite o se bloquea la observación del estado de los miembros de un determinado grupo de presencia por parte de los miembros de otro grupo de presencia.

La tabla 22 determina los diferentes grupos de presencia configurados y los privilegios que se les han asignado:

Grupo de Presencia	Descripción	Grupos de presencia con monitorización permitida	Grupos de presencia con monitorización bloqueada
Básico	Grupo común de usuarios	Managers Asistentes VIP Agentes HelpDesk - IT Agentes HelpDesk - RR.HH	
Managers	Managers con Asistentes asignados	Asistentes VIP Agentes HelpDesk - RR.HH	Básico Agentes HelpDesk-IT
Asistentes	Asistentes de los Manager	Básico Managers VIP Agentes HelpDesk-IT Agentes HelpDesk - RR.HH	
VIP	Comité de Dirección	Agentes HelpDesk - RR.HH	Básico Managers Asistentes Agentes HelpDesk-IT
Agentes HelpDesk - IT	Departamento IT	VIP Agentes HelpDesk - RR.HH	Básico Managers Asistentes
Agentes HelpDesk - RR.HH	Departamento RR.HH	VIP	Básico Managers Asistentes Agentes HelpDesk-IT

Tabla 22: Privilegios de los grupos de presencia

En la tabla anterior se puede apreciar que el colectivo de trabajadores perteneciente a los grupos de presencia Básico y Asistentes constituye el grupo de empleados a los que más grupos de presencia pueden monitorizar su estado de presencia. Por otra parte, los miembros VIP de la compañía y los agentes del Help Desk de RR.HH son los

empleados que ofrecen mayor resistencia a que su estado de presencia sea monitorizado por otros grupos de empleados de la compañía.

4.5.6 MOVILIDAD

La función SNR (*Single Number Reach*) consiste en utilizar el número asignado por la ToIP a un usuario como el único número de referencia para comunicarse con él a través de sus otros dispositivos (máximo diez dispositivos), como pueden ser su teléfono móvil particular o corporativo y su teléfono fijo particular. Actúan pues como líneas compartidas.

- Cuando el usuario recibe una llamada en su número fijo corporativo, todos sus dispositivos suenan a la vez y se puede atender la llamada desde cualquiera de ellos, dejando de sonar la alerta en el resto.
- Si se responde la llamada en un móvil, al llegar a la oficina se puede recuperar la llamada en el teléfono corporativo de escritorio pulsando una tecla del terminal IP.
- Al contrario, si el usuario atiende una llamada en su terminal IP, puede redirigirla al móvil al abandonar la oficina.
- Si un usuario llama a un teléfono IP de la compañía desde su terminal móvil marcando el DDI, el servidor CUCM reconoce el identificador del llamante como perfil de movilidad remoto y la llamada se representará en el terminal de destino como si se efectuara desde un teléfono IP corporativo.

SNR es personalizable, de modo que se pueden aplicar filtros para permitir la entrega de llamadas (*white list*) o facilitar su bloqueo (*black list*) en función del llamante, o aplicarlos para la entrega de llamadas en otros dispositivos durante sólo algunas horas del día.

4.5.7 PLAN DE MARCACIÓN

El plan de marcación es parte esencial de un sistema de telefonía, y proporciona los fundamentos lógicos para la comunicación entre los terminales y la red PSTN. Influye completamente en la experiencia del usuario porque define las normas para dirigir llamadas hacia un determinado destino. Algunas de esas normas serán:

- Marcación de extensiones: cantidad de dígitos que identifican a una extensión del sistema.
- Permisos de marcación: permitir o prohibir ciertos tipos de llamadas.
- Bloqueo de ciertos números: típicamente llamadas a servicios de tarificación adicional como tarot o números eróticos (prefijos 803, 806, 807, 903, 905, 906, 907, ...)
- Selección de ruta: posibilidad de elección del operador según el tipo de llamada sea nacional o internacional o usar la red de datos para enviar llamadas internas.
- Selección de rutas alternativa en caso de congestión en la red.
- Transformación del número llamado: posibilidad de transformarlo en una extensión tomando sólo los dígitos finales de su número telefónico.
- Transformación del número llamante: posibilidad de reemplazo de la extensión del llamante por el número telefónico completo cuando se realizan llamadas externas, de modo que la devolución de llamada sea posible.

Se busca diseñar un plan de marcación que sea escalable, para atender el crecimiento futuro en la red de telefonía, y que sea sencillo de administrar por parte del departamento informático. Uno de los requisitos

expuestos por la compañía cliente fue que el plan de marcación se modificara lo menos posible para que la migración resulte transparente a ojos de los trabajadores. De hecho, un plan de marcación de telefonía IP no es muy diferente del diseñado para sistemas tradicionales TDM, sino que simplemente ofrece nuevas posibilidades.

Teniendo esto en cuenta, el plan de marcación diseñado debe ser un plan admitido globalmente en la compañía que respete las siguientes características:

- Mismo interfaz de usuario en los teléfonos IP de cada sede.
- Misma forma de marcar en cada sede, ya sean llamadas internas en una delegación o llamadas entre delegaciones.
- Evitar extensiones solapadas o duplicadas.
- Preparado para los requerimientos futuros.
- Búsqueda de la ruta menos costosa: LCR (*Least Cost Routing*)
- Mismo formato de numeración en cada sede de la compañía.
- Mantener las costumbres de marcación previas a la migración.

Un plan de numeración consiste básicamente en un listado de números almacenados en la memoria de un servidor CUCM dentro del cluster, que define la ruta o el dispositivo hacia el que se encamina una llamada establecida tras la marcación de esa numeración. El plan de marcación también define los privilegios de determinados terminales o estructuras para poder marcar o no los patrones definidos en el mismo. Se compone de las siguientes estructuras:

- Particiones

Están formadas por un grupo de dispositivos con permisos para acceder al mismo tipo de llamadas. Extensiones IP, extensiones virtuales usadas en la centralita, patrones de enrutamiento y de traducción deben tener una partición asociada.

- CSS (*Calling Search Space*)

Define las particiones accesibles para un determinado dispositivo en una lista ordenada, es decir, un dispositivo sólo podrá marcar aquellos patrones que pertenezcan a una de las particiones incluidas en su CSS, y lo hará en el orden en el que encuentre las particiones.

La acción conjunta de particiones y CSS permite aplicar restricciones de llamada a los dispositivos. Es muy importante que los números de emergencias pertenezcan a alguna partición para poder llamarlos.

La tabla 23 muestra la relación entre CSS y particiones. Los números en el interior de cada cuadro indican la posición de prioridad de la partición dentro de un CSS.

De ese modo, un terminal con un CSS tipo interno asignado podrá realizar llamadas a las extensiones internas de cada sede, a números de emergencias y a números gratuitos.

Si el CSS asignado al terminal es de tipo nacional, podrá llamar a los destinos del CSS tipo interno y además podrá realizar llamadas a destinos externos nacionales y/o a móviles corporativos.

Si el CSS asignado al teléfono es de tipo Internacional, podrá llamar a todos los destinos del CSS tipo nacional y además podrá llamar a destinos internacionales.

Finalmente, un CSS tipo Premium en un dispositivo permite que éste realice todas las llamadas que puede realizar un teléfono con CSS tipo internacional, y además añade las llamadas a servicios de pago.

Si un mismo patrón de numeración está asociado a varias particiones, un terminal con un determinado CSS asignado priorizará el patrón de llamada cuya partición presente un valor inferior en la tabla de más abajo.

Partición		PT-Extensiones-sede 1	PT-Extensiones-sede 2	PT-Extensiones-sede 3	PT-Extensiones-sede 4	PT-Extensiones-sede 5	PT-Extensiones-sede 6	PT-Extensiones-sede 7	PT-Emergencias-sede 1	PT-Emergencias-sede 2	PT-Emergencias-sede 3	PT-Emergencias-sede 4	PT-Emergencias-sede 5	PT-Emergencias-sede 6	PT-Emergencias-sede 7	PT-Gratuitos	PT-Nacional	PT-Móviles-Corporativos	PT-Internacional	PT-Servicios-Premium	PT-CM1-CM3-TEHO	PT-CM2-CM3-TEHO
CSS	CSS Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8													
CSS-sede1-00-Interna	Llamada interna sede 1	1	2	3	4	5	6	7	8							9						
CSS-sede2-00-Interna	Llamada interna sede 2	2	1	3	4	5	6	7		8						9						
CSS-sede3-00-Interna	Llamada interna sede 3	2	3	1	4	5	6	7			8					9						
CSS-sede4-00-Interna	Llamada interna sede 4	2	3	4	1	5	6	7				8				9						
CSS-sede5-00-Interna	Llamada interna sede 5	2	3	4	5	1	6	7					8			9						
CSS-sede6-00-Interna	Llamada interna sede 6	3	4	5	6	7	1	2						8		9						
CSS-sede7-00-Interna	Llamada interna sede 7	3	4	5	6	7	2	1							8	9						
CSS-sede1-02-Nacional	Llamada nacional sede 1	1	2	3	4	5	6	7	8							9	10	11			12	
CSS-sede2-02-Nacional	Llamada nacional sede 2	2	1	3	4	5	6	7		8						9	10	11			12	
CSS-sede3-02-Nacional	Llamada nacional sede 3	2	3	1	4	5	6	7			8					9	10	11			12	
CSS-sede4-02-Nacional	Llamada nacional sede 4	2	3	4	1	5	6	7				8				9	10	11			12	
CSS-sede5-02-Nacional	Llamada nacional sede 5	2	3	4	5	1	6	7					8			9	10	11			12	
CSS-sede6-02-Nacional	Llamada nacional sede 6	3	4	5	6	7	1	2						8		9	10	11				12
CSS-sede7-02-Nacional	Llamada nacional sede 7	3	4	5	6	7	2	1							8	9	10	11				12
CSS-sede1-04-Internacional	Llamada internacional sede 1	1	2	3	4	5	6	7	8							9	10	11	13		12	
CSS-sede2-04-Internacional	Llamada internacional sede 2	2	1	3	4	5	6	7		8						9	10	11	13		12	
CSS-sede3-04-Internacional	Llamada internacional sede 3	2	3	1	4	5	6	7			8					9	10	11	13		12	
CSS-sede4-04-Internacional	Llamada internacional sede 4	2	3	4	1	5	6	7				8				9	10	11	13		12	
CSS-sede5-04-Internacional	Llamada internacional sede 5	2	3	4	5	1	6	7					8			9	10	11	13		12	
CSS-sede6-04-Internacional	Llamada internacional sede 6	3	4	5	6	7	1	2						8		9	10	11	13			12
CSS-sede7-04-Internacional	Llamada internacional sede 7	3	4	5	6	7	2	1							8	9	10	11	13			12
CSS-sede1-04-Premium	Llamada Premium sede 1	1	2	3	4	5	6	7	8							9	10	11	13	14	12	
CSS-sede2-04-Premium	Llamada Premium sede 2	2	1	3	4	5	6	7		8						9	10	11	13	14	12	
CSS-sede3-04-Premium	Llamada Premium sede 3	2	3	1	4	5	6	7			8					9	10	11	13	14	12	
CSS-sede4-04-Premium	Llamada Premium sede 4	2	3	4	1	5	6	7				8				9	10	11	13	14	12	
CSS-sede5-04-Premium	Llamada Premium sede 5	2	3	4	5	1	6	7					8			9	10	11	13	14	12	
CSS-sede6-04-Premium	Llamada Premium sede 6	3	4	5	6	7	1	2						8		9	10	11	13	14		12
CSS-sede7-04-Premium	Llamada Premium sede 7	3	4	5	6	7	2	1							8	9	10	11	13	14		12

Tabla 23: Relación CSS y Partición

- Patrón de enrutamiento (Route Pattern)

Son secuencias de dígitos y comodines usados para encaminar llamadas por entidades externas, como Route List y Gateways. Un ejemplo sería el patrón 0.9XXXXXXX para marcar llamadas a teléfonos fijos, pudiendo sustituir el carácter comodín X por cualquier dígito.

- Patrón de traducción (Translation Pattern)

De configuración similar a los Route Pattern, se usan para poder modificar el CSS del número llamado de forma que la llamada puede progresar por otras entidades cuya partición esté incluida en el CSS seleccionado. También permiten la modificación de la presentación de ambas partes de una comunicación, la parte llamante y la llamada.

- Troncales SIP

Las llamadas *intercluster* desde el cluster CM1 al cluster CM2 deben gestionarse pasando por el cluster CM3, que decidirá a qué CUCM enviará la llamada. Las conexiones entre los cluster de telefonía son propiciadas

por enlaces SIP, que se deben configurar en cada uno de los extremos, apuntando respectivamente a las direcciones IP de los CUCM de destino.

Las llamadas externas a destinos del Reino Unido efectuadas desde terminales asociados al cluster CM1 también serán encaminadas por el SIP Trunk que une los cluster CM1 y CM3 y, posteriormente por el SIP Trunk que une los cluster CM3 y CM2. De esa forma, se logra que una llamada que en principio era internacional se curse como llamada nacional desde Reino Unido, mostrando al destinatario como número llamante el número de cabecera del enlace RDSI PRI E1 conectado a un gateway de voz de la sede 6, que está en Reino Unido. La llamada fluye por la red IP la mayor parte del tiempo y solamente al final, cuando llega a la sede 6, conecta con la red de telefonía pública del Reino Unido. Esta funcionalidad se conoce como TEHO (*Tail-End Hope-Off*).

Del mismo modo, las llamadas externas a destinos de España efectuadas desde terminales asociados al cluster CM2 se encaminarán por el SIP Trunk que une los cluster CM2 y CM3 y, posteriormente por el SIP Trunk que une los cluster CM3 y CM1. La llamada se mostrará en el teléfono de destino como el número de cabecera de un enlace RDSI PRI E1 conectado a un gateway de voz de la sede 2.

Cuando se integre la telefonía IP del cliente con la telefonía global del holding de empresas, podrá usarse TEHO para cursar llamadas a destinos internacionales de países en los que las empresas del grupo cuenten con alguna sucursal, a través de los SIP trunks configurados en el cluster CM3, de modo que todas esas llamadas se tarificarán como llamadas nacionales en lugar de como llamadas internacionales.

- Gateways

Dispositivos que conectan dos sistemas de telefonía o dominios de marcación diferentes. Se trata de dispositivos hardware que conectan con la PSTN o dispositivos lógicos que conectan con otros sistemas de VoIP como puede ser otro cluster de CUCM.

- Grupo de rutas (Route Group)

Controlan dispositivos específicos, típicamente gateways de voz, configurados en MGCP o H.323, o enlaces SIP que apuntan a otro cluster de servidores CUCM remoto o a otro dispositivo de control de llamadas.

En este diseño es necesario crear un par de grupos de rutas que contengan el SIP Trunk que une los cluster CM1 y CM2 con el cluster CM3. Se llamarán RG-SIP-CM1-CM3 y RG-SIP-CM2-CM3 respectivamente.

- Lista de rutas (Route List)

Lista de prioridad de caminos elegibles para enrutar una llamada saliente. Está compuesta por diferentes grupos de rutas y se asocian con un destino remoto al que pueden apuntar numerosos patrones de enrutamiento. Típicamente sirven para especificar dos rutas hacia un mismo destino, eligiendo la IP WAN como primera opción para comunicar (gratis) y los gateways de voz unidos a la PSTN como segunda opción a modo de enlace de backup (llamada de pago). También sirven para priorizar el envío de una llamada entre distintos operadores de comunicaciones.

Debe existir una lista de rutas en cada cluster que contenga el grupo de rutas configurado para el SIP Trunk que une los cluster de CUCM. Se llamarán RL-SIP-CM1-CM3 y RL-SIP-CM2-CM3 respectivamente.

- Grupo de rutas local (Local Route Group)

Ofrece la capacidad de crear patrones para enrutar llamadas externas al gateway más cercano a la parte llamante. Uno de ellos podría ser el patrón del ejemplo expuesto anteriormente para realizar llamadas a teléfonos fijos por la PSTN. Los teléfonos de cada sede se pueden configurar para que dirijan las llamadas que encajen con este patrón al grupo de rutas local asociado con el terminal, de modo que, usando el mismo patrón, un teléfono en la sede 1 enviará llamadas a la PSTN por un gateway de la sede 1, mientras que un teléfono en la sede 2 lo hará por un gateway en la sede 2. El grupo de rutas local permite una drástica reducción de multitud de Route Pattern repetidos pero asociados a diferentes particiones, haciendo más sencilla la administración de la sección de llamadas externas del plan de marcación.

Algunas consideraciones a tener en cuenta en el diseño del plan de marcación son:

- Reconocimiento del patrón marcado

La secuencia de dígitos marcada por un usuario en un teléfono suele basarse en patrones. En este diseño, las extensiones cortas internas de la compañía se componen de 6 dígitos como ya ocurría en la situación inicial. Además, será necesario marcar un código de un dígito, el 0, para obtener acceso a llamadas externas. Es algo heredado de los antiguos sistemas TDM y que se reproduce en IP para no afectar a la experiencia de uso de los trabajadores. Si al 0 inicial le siguen otros dos ceros (00) denotaría una llamada internacional.

El reconocimiento de patrones de marcación en el CUCM se implementa mediante la configuración de route patterns, translation patterns o extensiones. Con cada dígito marcado por el usuario, el teléfono IP envía un mensaje de señalización al CUCM, que a su vez trata de reconocer la secuencia marcada como alguna de las posibilidades definidas entre la lista de patrones que le ofrecen los elementos que tiene configurados. Según va recogiendo los dígitos marcados por el usuario, el CUCM los analiza y proporciona una respuesta:

- Reproduce tono de marcación cuando el teléfono se descuelga.
- Detiene el tono de marcación con el primer dígito marcado.
- Proporciona un segundo tono de marcación si ha identificado una secuencia correcta, como puede ser el 0 inicial.
- Cuando se ha completado la marcación, la respuesta del CUCM se traduce en forma de tono de llamada progresando, como el que se escucha cuando el teléfono llamado está sonando, o en un tono de comunicando, si el destinatario está ocupado o hay congestión en la red.

- Marcación de llamadas internas y de llamadas externas

Llamadas internas (*on-net*, *on network*) son las llamadas que se originan y terminan en la misma red de telefonía.

Por el contrario, si una llamada se origina en una compañía y termina en otra lo más lógico es que haya sido enrutada por diferentes redes de telefonía: compañía origen → PSTN → compañía destino. Son llamadas externas (*off-net*, *off network*)

En la telefonía convencional TDM, los límites que definían una llamada interna venían dados por la propia PBX y se restringían a una única sede. Mediante extensiones cortas se podría comunicar con otros terminales de la misma oficina, pero era necesario marcar un DDI completo para comunicar con terminales de otra delegación.

Una de las posibilidades que brinda la telefonía IP es expandir esos límites para llamadas internas. En este diseño, mediante extensiones de seis dígitos, podemos alcanzar a usuarios en otras oficinas de la compañía

geográficamente alejadas, tomando la red de datos IP como el principal camino para llamar, y tomando la PSTN como camino alternativo si la red IP sufriera congestión.

- Enfoque del plan de marcación

Existen dos posibles enfoques para el plan de marcación al respecto de las extensiones internas [18]:

- Plan de marcación uniforme: cada extensión interna se marca con la misma cantidad de dígitos, independientemente de que los teléfonos llamante y llamado estén en la misma sede o no.
El plan de marcación uniforme es más sencillo de diseñar y configurar y se complica a medida que aumentan el número de oficinas y usuarios.
- Plan de marcación de longitud variable: las extensiones internas se marcan de forma diferente dependiendo de si el teléfono llamado está dentro de la sede del teléfono llamante o está en una sede remota. Se usaría la extensión de seis dígitos para el primer caso y el número telefónico completo en formato E.164 o una numeración formada por código acceso + código de sede + extensión corta para llamadas a sedes remotas.
El plan de marcación de longitud variable es más escalable pero más complejo de diseñar y configurar.

Algunos factores determinarán cuál de los dos enfoques es el más conveniente en el diseño:

- Número de sedes
 - Patrones de marcación dentro de la misma sede
 - Patrones de marcación a sedes remotas: código acceso + código de sede + extensión corta
 - Red de interconexión de las delegaciones: IP WAN o PSTN
 - Aplicaciones CTI
- Globalización y Localización: Plan de marcación E.164 [5]

El nuevo plan de marcación diseñado es un plan de longitud variable que respeta el estándar E.164, que impone a los patrones de enrutamiento un máximo de quince dígitos con el símbolo + como prefijo (globalización).

- La primera parte del número de teléfono es el código del país (CC, *Country Code*) y tiene una longitud de 1 a 3 dígitos.
- La segunda parte es el prefijo nacional (NDC, *National Destination Code*)
- La última parte es el número del abonado (SDC, *Subscriber Destination Code*)
- NDC y SDC forman el número nacional. Si se prefija con CC, el número formado es el número internacional, también llamado E.164. Este formato puede apreciarse en la figura 20:

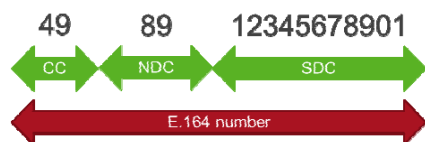


Figura 20: Formato número E.164

- El carácter + no forma parte del número E.164, pero es uno de los prefijos que admite. En la figura 21 se pueden ver algunos de estos prefijos:

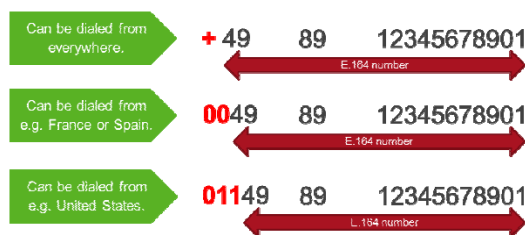


Figura 21: Prefijos del número E.164

En este diseño en concreto:

- Las extensiones (*Directory Number*) en España serán de once dígitos, sin incluir el carácter + (localización). En el Reino Unido serán de doce dígitos en las mismas condiciones.
- Toda la lógica de enrutamiento se basará en numeración E.164 prefijado por el símbolo +, que como vemos en la figura 22, es el número que se mostrará al exterior (*External Phone Number Mask*) en llamadas originadas en los teléfonos IP:



Figura 22: Extensión vs External Phone Number mask

- Los trabajadores de la compañía seguirán usando su tradicional estilo de marcación:
 - ✓ Marcación de seis dígitos incluido el prefijo 9X para llamadas internas.
 - ✓ Marcación de cuatro dígitos incluido el prefijo 8 para números abreviados de servicios del cliente: Help Desk, RR.HH,...
 - ✓ Prefijo 0 para llamadas locales, nacionales y a móviles por la PSTN
 - ✓ Prefijo 000 para llamadas internacionales por la PSTN
- Para alcanzar extensiones en Reino Unido se deberá marcar 407XXX o 408XXX.
- Siempre que se quiera se puede usar el formato E.164 precedido del símbolo + para cualquier tipo de llamada.

- Enfoque de diseño globalizado

Para conseguir una globalización se deben tener en cuenta algunos aspectos:

- Si una llamada entra al sistema, el número de destino y el número llamante se aceptan en su formato local pero se globalizan por el CUCM.
- El número llamado ya globalizado se usa para dirigir la llamada hacia su destino mediante estructuras como translation pattern y route pattern en formato globalizado.
- Cuando el destinatario ha sido identificado, los números llamantes y llamados se localizan al formato de once dígitos requerido por el terminal y la red.

Así pues, los patrones de llamada se marcarán de forma localizada y seguidamente se globalizarán. El encaminamiento se hará en formato globalizado. Finalmente, en destino se localizará la llamada de nuevo para cumplir con los formatos esperados por el terminal y la red de destino.

- Enrutamiento de llamadas

Las normas que respetará el encaminamiento de llamada son las siguientes:

- Las llamadas entre teléfonos IP de la misma sede se envían por la LAN y entre diferentes sedes se envían por la IP WAN mediante tecnología VoIP.
- Las llamadas externas de las sedes principales cursadas/recibidas por/desde la PSTN se dirigen al gateway local de voz Cisco que conecta con la PSTN. Las llamadas externas a móviles británicos desde Reino Unido se incluyen en esta categoría de llamadas.
- Las llamadas externas de las sedes satélite B y C cursadas/recibidas por/desde la PSTN se dirigen al gateway local de voz Cisco de la sede 2 que conecta con la PSTN
- Las llamadas externas de la sede secundaria D cursadas/recibidas por/desde la PSTN se dirigen al gateway local de voz Cisco de la sede 4 que conecta con la PSTN
- Las llamadas a teléfonos móviles desde las delegaciones de España discurren por la red de telefonía móvil cuyos interfaces están en las sedes 2 y 3. Por existir balanceo entre sedes e interfaces de telefonía móvil, algunas delegaciones usarán como principales enlaces móviles los de la sala 2 y otras los de la sala 4.
- Las llamadas internas entre sedes pertenecientes a diferentes cluster se envían por los SIP Trunk que conectan estos cluster con el cluster CM3.
- Las llamadas a España desde las sedes del cluster CM2 y las llamadas al Reino Unido desde las sedes del cluster CM1 se envía por los SIP Trunk que conectan estos cluster con el cluster CM3, haciendo uso de TEHO.

En la tabla 24 se resumen las extensiones asignadas a cada una de las sedes para adaptarse al nuevo escenario:

Plan de Numeración			
Sede	DDI	Extensión Corta Fijo	Extensión Corta Móvil
1	+3491111XXXX	91XXXX	771XXXX
2 B C	+3492222XXXX	92XXXX	772XXXX
3	+3493333XXXX	93XXXX	773XXXX
4 D	+3494444XXXX	94XXXX	774XXXX
5	+3495555XXXX	95XXXX	775XXXX
6	+441993847XXX	407XXX	-
7	+441993848XXX	408XXX	-

Tabla 24: Extensiones por sede tras migración

Finalmente, teniendo en cuenta todo lo comentado en esta sección, la tabla 25 recoge las principales entradas del plan de marcación:

Primer dígito	Patrón	Comienzo del rango	Fin del rango	Longitud (dígitos)	Descripción
0	0.!	-	-	Cualquiera	Acceso a la red pública de telefonía
0	0.00!	-	-	Cualquiera	Llamadas internacionales
0	0.020XXXXXXX	-	-	10	Llamadas a números gratuitos (sólo cluster CM2)
0	0.0034XXXXXXXXXX	-	-	14	Llamadas a España desde UK (TEHO vía cluster CM3)
0	0.0044XXXXXXXXXX	-	-	15	Llamadas a UK desde España (TEHO vía cluster CM3)
0	0.1XXXXXXXXXX	-	-	11	Llamadas a Fijo PSTN UK – Código Área 01 (sólo cluster CM2)
0	0.112	-	-	4	Llamadas emergencias
0	0.2XXXXXXXXXX	-	-	11	Llamadas a Fijo PSTN UK – Código Área 02 (sólo cluster CM2)
0	0.6XXXXXXXXXX	-	-	10	Llamadas a números móviles (sólo cluster CM1)
0	0.7XXXXXXXXXX	-	-	10	Llamadas a números móviles (sólo cluster CM1)
0	0.7XXXXXXXXXX	-	-	11	Llamadas a móviles PSTN UK (sólo cluster CM2)
0	0.800XXXXXX	-	-	10	Llamadas a números gratuitos (sólo cluster CM1)
0	0.900XXXXXX	-	-	10	Llamadas a números gratuitos (sólo cluster CM1)
0	0.803XXXXXX	-	-	10	Llamadas a servicios Premium (sólo cluster CM1)
0	0.806XXXXXX	-	-	10	Llamadas a servicios Premium (sólo cluster CM1)
0	0.807XXXXXX	-	-	10	Llamadas a servicios Premium (sólo cluster CM1)
0	0.8XXXXXXXXXX	-	-	10	Llamadas a números nacionales (sólo cluster CM1)
0	0.903XXXXXX	-	-	10	Llamadas a servicios Premium

					(sólo cluster CM1)
0	0.906XXXXXX	-	-	10	Llamadas a servicios Premium (sólo cluster CM1)
0	0.907XXXXXX	-	-	10	Llamadas a servicios Premium (sólo cluster CM1)
0	0.9XXXXXXX	-	-	10	Llamadas a números nacionales (sólo cluster CM1)
1	1XXX	1000	1999	4	Puertos de mensajería de voz
2	2XXX	2000	2999	4	Extensiones internas de los agentes del contact center, extensiones de grupos de captura y de grupos de salto, puertos CTI de UCCX, extensiones TAPS
3	3491111XXXX	34911110000	34911119999	11	Extensiones en España en formato E.164 – sede 1
3	3492222XXXX	34922220000	34922229999	11	Extensiones en España en formato E.164 – sedes 2, B y C
3	3493333XXXX	34933330000	34933339999	11	Extensiones en España en formato E.164 – sede 3
3	3494444XXXX	34944440000	34944449999	11	Extensiones en España en formato E.164 – sedes 4 y D
3	3495555XXXX	34955550000	34955559999	11	Extensiones en España en formato E.164 – sede 5
4	407XXX	407000	407999	6	Extensiones internas UK – sede 6
4	408XXX	408000	408999	6	Extensiones internas UK – sede 7
4	441993847XXX	441993847000	441993847999	12	Extensiones en UK en formato E.164 – sede 6
4	441993848XXX	441993848000	441993848999	12	Extensiones en UK en formato E.164 – sede 7
5	55XXXX	550000	559999	6	Extensiones de auto registro
6	-	-	-	-	No usado
7	771XXXX	7710000	7719999	7	Extensiones móviles corporativas en España – sede 1
7	772XXXX	7720000	7729999	7	Extensiones móviles corporativas en España – sedes 2, B y C

7	773XXXX	7730000	7739999	7	Extensiones móviles corporativas en España – sede 3
7	774XXXX	7740000	7749999	7	Extensiones móviles corporativas en España – sedes 4 y D
7	775XXXX	7750000	7759999	7	Extensiones móviles corporativas en España – sede 5
8	8XXX	8000	8999	4	Números abreviados para servicios de la compañía: Help Desk IT, RR.HH, Facilities,...
9	91XXXX	910000	919999	6	Extensiones internas España – sede 1
9	92XXXX	920000	929999	6	Extensiones internas España – sedes 2, B y C
9	93XXXX	930000	939999	6	Extensiones internas España – sede 3
9	94XXXX	940000	949999	6	Extensiones internas España – sede 4 y D
9	95XXXX	950000	959999	6	Extensiones internas España – sede 5
+	\+!	-	-	Cualquiera	Llamada internacional
+	\+34XXXXXXXXXX	-	-	12	Llamadas a España desde UK
+	\+44XXXXXXXXXX	-	-	13	Llamadas a UK desde España
*	-	-	-	-	No usado
#	-	-	-	-	No usado

Tabla 25: Plan de numeración tras migración

Se puede observar el plan de numeración de UK en la tabla 26:

Prefijo de Código de Área	Tipo de Servicio
00	Marcación Internacional
01	Códigos de Área Geográfica desde el año 1995
02	Códigos de Área Geográfica después del año 2000
03	Números no geográficos tarificados a tasas de números geográficos
04	Reservado
05	Numeración corporativa y VoIP
06	Reservado
07	Móviles, buscapersonas y numeración personal
08	Teléfonos Gratuitos y números no geográficos de pago compartido
09	Servicios Premium

Tabla 26: Plan de numeración UK

4.5.8 GESTIÓN DE RECURSOS DE MEDIOS

Los recursos de medios de los que hace uso la centralita IP son entidades basadas en software o en hardware que desarrollan funciones de procesamiento de la voz sobre los flujos de datos a los que están conectados.

Algunas de estas funciones son:

- Mezclar varios flujos de tráfico para crear una única salida: conferencias.
- Mover un flujo de datos de una conexión a otra: punto de terminación de medios.
- Cambiar el tipo de compresión de un flujo de datos: transcodificación.
- Terminación de un flujo de voz proveniente de una red TDM de conmutación de circuitos: codificación/decodificación.
- Paquetización de los flujos de datos.
- Reproducción de alertas en los teléfonos IP en forma de locuciones de audio pregrabadas, indicando las razones por las que falla una llamada.

La gestión de estos recursos en un cluster se realiza mediante grupos de recursos de medios. A su vez, estos grupos forman parte de listas priorizadas de búsqueda de recursos, conformando listados de grupos de recursos de medios, que se asignan a dispositivos finales y les proporcionan redundancia en cuanto a asignación de recursos de medios.

Los recursos pueden asociarse por razones geográficas o según las distintas sedes de la compañía.

También pueden agruparse en función del tipo de servicio ofrecido, como multicast o unicast para MoH.

▪ Recursos de conferencia

Son los recursos que unen a varios participantes en una solo llamada. La cantidad de participantes la limita la capacidad del propio dispositivo. Habrá un flujo de voz por cada participante unido a la conferencia, de modo que el recurso de conferencia mezcla todos los flujos en uno solo.

Los recursos software los proporciona directamente el propio servidor CUCM.

Los recursos hardware presentan las mismas características que los recursos software pero además, algunos de ellos, tienen la capacidad de soportar varios flujos de voz codificados con bajas tasas de transferencia como ocurre con G.729.

Todos los recursos de conferencia deben estar registrados en la centralita IP, de modo que quedan bajo su control. Los servidores CUCM no distinguen entre recursos software o hardware cuando asignan un recurso de conferencia ante una petición. Las comunicaciones entre los recursos y el CUCM se establecen mediante mensajes del protocolo SCCP.

Cada subscriber asignará los recursos que tiene registrados de acuerdo a un esquema de redundancia que marca un listado de grupos de recursos de medios.

En este despliegue se configurarán recursos hardware de conferencia en los gateways de las sedes principales.

▪ Punto de Terminación de Medios

Son los recursos que permiten a la centralita IP retransmitir las llamadas que son encaminadas a través de terminales o gateways SIP o H.323.

Los recursos software los proporciona directamente el propio servidor CUCM. Para hacer uso de ellos se debe activar el servicio *Media Streaming* en el servidor.

La asignación de estos recursos también se decide en base al mismo esquema de redundancia que decide los recursos de conferencia a asignar a cada petición.

En este despliegue se configurarán recursos hardware de terminación de medios en los gateways de las sedes principales. La disponibilidad de estos recursos hardware dependerá de la cantidad de E1 conectados a un determinado gateway de voz y, por lo tanto, de la disponibilidad de los DSP insertados en la placa base de ese equipo.

▪ Transcodificación

El CUCM invoca a los recursos de transcodificación cuando dos dispositivos están usando diferentes codecs y son incapaces de comunicarse.

Puede darse el caso de que un recurso de terminación de medios y un recurso de transcodificación actúen simultáneamente en el transcurso de una misma llamada.

▪ MoH

La música en espera es una funcionalidad interna del CUCM que permite a los usuarios establecer un flujo de datos compuesto por música para los usuarios llamantes, internos o externos, cuando su llamada se pone en espera, es transferida, es aparcada o es introducida en una conferencia.

Hay dos formas de reproducir la MoH en los dispositivos:

- Multicast

Opción óptima cuando los dispositivos están en ubicaciones remotas sin CUCM, como ocurre con las sedes secundarias, y hay que ahorrar ancho de banda sobre enlaces con poco caudal. Sin embargo, mejor que desde los CUCM, se hará multicast desde los gateways de voz, cuando sea posible, para que la MoH no atraviese la WAN y se reduzca el ancho de banda consumido. Para ello, es necesario configurar un servidor MoH multicast para enviar la reproducción de una fuente de MoH desde la memoria flash del gateway de voz.

- Unicast

Opción que se usará en todas las sedes principales del cliente. Permite ofrecer diferentes fuentes de audio a diferentes departamentos. Consiste en enviar la música directamente desde el servidor de MoH al dispositivo que la solicita. Unicast envía una señal RTP en un único sentido, punto a punto desde el servidor al dispositivo final. Usa una fuente de música particular para cada conexión, de modo que cuantos más dispositivos en espera haya, más envíos RTP de MoH se realizan.

El servidor MoH es el elemento que gestiona el intercambio de mensajes entre el CUCM y los recursos de música en espera mediante el protocolo SCCP. Se registra en la centralita como un dispositivo más y le reporta la cantidad de flujos de música unicast que puede soportar en todo momento. Un servidor MoH soporta hasta 500

flujos de este tipo provenientes de hasta 51 fuentes de audio. Dentro de un grupo de recursos de medios puede haber varios servidores de MoH.

Cada servidor subscriber de CUCM puede disponer de sus propias fuentes de MoH y de sus propios servidores MoH. Nuevamente, la asignación de estos recursos se decide en base al esquema de redundancia dictado por un listado de grupos de recursos de medios.

4.5.9 COPIAS DE SEGURIDAD

Existe un servidor FTP/SFTP (*Simple File Transfer Protocol*) alojado en la DMZ de telefonía, y ubicado en el host UCS4 de la sede 1, que será usado para almacenar todas las copias de seguridad de las aplicaciones de telefonía IP. Estas copias servirán para recuperar los datos en caso de colapso de algún cluster.

Se realizarán tres backups a la semana fuera del horario laboral y se almacenarán las últimas tres copias del sistema. A partir de ahí, se comenzarán a sobrescribir comenzando por la más antigua.

El cliente final es responsable de poner esos datos a buen recaudo en un área de almacenamiento ajena a la DMZ de los servidores de telefonía.

4.6 Funcionalidades Adicionales Provistas

En esta sección se introducen algunas funcionalidades adicionales que proporciona el CUCM, entre ellas algunas solicitadas por el cliente.

4.6.1 GESTIÓN MANAGER-ASSISTANT

La aplicación Cisco Unified Manager Assistant, integrada en el CUCM, y también conocida como IPMA (IP Manager Assistant), ayuda a los asistentes a gestionar las llamadas entrantes de uno o más managers, mejorando la eficiencia de su trabajo en equipo.

Hay dos posibilidades de gestión de las llamadas [2]:

- Desde el ordenador, mediante la aplicación Assistant Console, que es una aplicación Java del tipo cliente-servidor.
- Desde el teléfono IP, mediante el servicio IPMA instalado en el terminal del asistente y las teclas *softkey* del propio teléfono.

La herramienta conecta con el servicio *IPMA* del servidor CUCM, que le permite identificarse y le da acceso al directorio corporativo de la compañía.

Con cualquiera de los dos métodos comentados, un asistente puede determinar rápidamente el estado de su manager y elegir qué hacer con la llamada entrante. Así mismo, en todo momento el manager puede chequear el estado de la llamada atendida por su asistente. Existen filtros para personalizar el servicio, de manera que no todas las llamadas al manager pasan previamente por el asistente.

La figura 23 muestra el funcionamiento de esta funcionalidad:

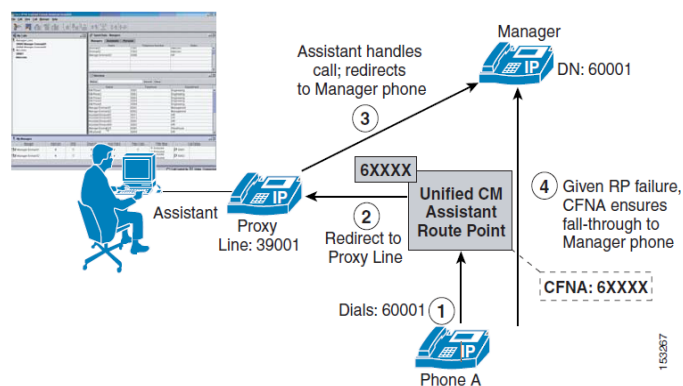


Figura 23: Funcionamiento de IPMA [2]

El teléfono A llama a la extensión del manager (extensión 60001). El CUCM detecta esta llamada, y uno de sus CTI Route Point genéricos (patrón 6XXXX) la intercepta. La llamada se redirige a la línea proxy del manager (extensión 39001), configurada en el teléfono del asistente, que puede responder o gestionar la llamada y, si es necesario, redirigir la llamada al teléfono del propio manager.

Si esta funcionalidad falla o si el CTI route Point falla, existe un mecanismo CFNA (*Call Forward No Answer*) en el propio CTI Route Point para que la llamada entre directamente al teléfono del manager.

4.6.2 EXTENSION MOBILITY

Permite que un usuario se pueda registrar en cualquier teléfono IP de la compañía, SCCP o SIP, de forma que carga su perfil de usuario en él (nombre, extensión, DDI, teclas de marcación rápida, servicios, permisos, etc). Para que funcione, es necesario instalar en los teléfonos IP un servicio que permita la identificación de los usuarios mediante la introducción de sus credenciales (usuario y PIN).

Este proyecto de migración sólo especifica Extension Mobility para los agentes del contact center de IT, que están configurados como recursos en el cluster CCX1. El departamento informático tiene a su disposición un pool reducido de teléfonos IP, por lo que sus empleados, como una de sus funciones, realizan turnos rotativos atendiendo las llamadas al Help Desk de IT desde esos terminales IP, logándose previamente en ellos y cargando su perfil particular de agente del contact center.

4.6.3 ARCHIVOS LOCALES

CUCM permite la instalación de archivos con los sonidos específicos de cada país. Incluye el sonido de los tonos de llamada, de línea ocupada o de llamada entrante en los teléfonos, el de los tonos que se perciben al hacer transferencia de llamada o al entrar en una conferencia y las alertas que, usando el servicio *Media Streaming* del CUCM, indican que hay problemas de red o que una llamada no se ha podido completar.

4.6.4 MARCACIÓN ABREVIADA

Se habilitará esta funcionalidad para conectar desde un teléfono IP con teléfonos móviles corporativos, a los que se alcanzará marcando únicamente un número abreviado de siete dígitos.

4.6.5 CONFERENCIAS MEET-ME

Este tipo de conferencias requiere una asignación previa de un rango de extensiones virtuales que se facilita a los usuarios. Llegada la hora de la conferencia, los usuarios marcan la extensión asignada y esperan en una habitación virtual a que todos los asistentes se unan a la conferencia.

CUCM soporta hasta cien conferencias simultáneas de este tipo.

4.6.6 BULK ADMINISTRATION TOOL (BAT)

BAT (*Bulk Administration Tool*) es una herramienta web que permite realizar transacciones masivas a la base de datos de los servidores CUCM mediante el administrador del CUCM. Cada movimiento en la base de datos del servidor precisa de una operación manual, pero usando BAT se automatiza el proceso, acelerando el tiempo de ejecución en operaciones como creación, actualización o eliminación de estructuras.

Algunas de las operaciones de provisionamiento masivo que se pueden realizar con BAT son:

- Añadir, actualizar o borrar teléfonos IP y puertos CTI.
- Añadir, actualizar o borrar usuarios y perfiles de usuarios.
- Añadir, actualizar o borrar managers y asistentes que usan la herramienta Manager-Assistant.
- Añadir, actualizar o borrar Gateway analógicos y sus puertos.
- Añadir, actualizar o borrar grupos de captura.

4.6.7 AUTO REGISTRO DE TELÉFONOS

La función TAPS (*Tool for Auto-registered Phone Support*) es una herramienta que permite a los teléfonos IP auto registrados en el CUCM, o a los terminales registrados con una dirección MAC virtual haciendo uso de la herramienta BAT, la descarga de su configuración desde el propio CUCM.

Trabaja junto a un sistema automatizado de respuesta interactiva (IVR) definido por defecto en el servidor UCCX. El sistema IVR es capaz de recibir una llamada e interactuar con el interlocutor mediante grabaciones de voz y reconocimiento de respuestas simples.

Los usuarios marcan una extensión virtual del tipo 55XXXX, configurada previamente en el CUCM, y siguiendo los pasos que automáticamente les indica el sistema IVR mediante grabaciones, e introduciendo la extensión telefónica de su propio teléfono, consiguen que el archivo de configuración de ese teléfono se descargue al propio terminal desde el CUCM, usando el protocolo TFTP.

4.6.8 REGISTRO DE LLAMADAS

Los CDR (*Call Detail Record*) son los registros detallados de las llamadas que se recogen en cada subscriber al finalizar una llamada (entrante, saliente o interna) desde un terminal.

Estos ficheros contienen información de la llamada como el origen, el destino o su duración y se cargan periódicamente en el publisher del cluster. Si el servidor publisher no es alcanzable, estos registros se almacenan en el disco duro local del subscriber. Al restablecer la conectividad con el publisher, todos los registros pendientes se cargan en la base de datos CAR (*CDR Analysis and Reporting*) del mismo publisher.

Los registros CDR se almacenarán en el mismo servidor SFTP en el que se alojan los backup de las distintas aplicaciones de ToIP, permitiendo su uso futuro por aplicaciones de terceros, como herramientas de tarificación, aunque por el momento la empresa cliente no cuenta con ninguna herramienta de este tipo.

4.7 Diseño de la Estructura de Gateways

Los gateways de voz permiten a la centralita IP comunicar con instancias de comunicaciones no IP, principalmente las redes públicas de telefonía fija y móvil. También permiten usar los DSPs insertados en su placa base como recursos hardware de conferencia o de transcodificación, entre otros usos.

Aunque los gateways H.323 y MGCP tienen características comunes, existen algunas diferencias que ayudan a tomar la decisión de qué tipo de gateway de voz usar en un despliegue de telefonía IP.

▪ Gateway H.323

Deben ser capaces de realizar algunas acciones por sí mismos:

- Decisiones relacionadas con el plan de marcación y con el enrutamiento de llamadas (establecimiento de *dial-peers*)
- Manipulación de dígitos y patrones de marcación (aplicación de *translation rules*)
- Señalización de finalización de llamadas.

El CUCM simplemente ve al gateway de voz H.323 como una pasarela hacia la que se envían llamadas, pero no puede especificar hacia qué puerto enviarlas porque ni siquiera es consciente de la cantidad de puertos que allí residen. Al contrario, el gateway de voz H.323 puede decidir autónomamente hacia dónde enviar llamadas, al CUCM o a otro gateway H.323, sin que intervenga la centralita IP.

Gracias a la configuración de dial-peers, los gateway H.323 son capaces de configurar una redundancia de servidores CUCM, permitiendo su registro en un servidor secundario en el caso de pérdida de conectividad con el servidor primario.

▪ Gateway MGCP

Mediante algunos comandos IOS en texto plano, enviados por el puerto UDP/2427, que es el usado por MGCP en sus comunicaciones de gateways, el CUCM asume el control de algunas acciones importantes:

- Plan de marcación, evitando el gateway largas configuraciones a base de comandos IOS, que ya están almacenadas en la centralita IP.
- Aporte de tonos de señalización, como los de llamada en espera.
- Conocimiento del estado de cada uno de los puertos del gateway, pudiendo elegir en todo momento a qué puerto enviar una llamada.
- Conexiones con la PSTN, con otras PBX o con sistemas de mensajería de voz.
- PRI *Backhaul*: es un método para transportar la señalización de una llamada desde un interfaz primario conectado al gateway MGCP hasta el CUCM, mediante una conexión confiable TCP. Si se configura un interfaz con esta característica, la señalización Q.921 finaliza en el gateway MGCP pero la señalización Q.931, usada en los enlaces RDSI PRI E1, es enviada al CUCM, de forma que se logra mantener las llamadas activas cuando se produce un *failover* o un *fallback* en los CUCM usados para el registro del gateway MGCP.

En la compañía cliente se opta por una configuración MGCP para estos equipos, facilitando al CUCM el control de las llamadas, esperas, transferencias y conferencias.

La tabla 27 recoge los gateways de voz desplegados por cada delegación principal de la compañía cliente:

Cluster	Localización	Identificador Gateway	RDSI PRI E1 PSTN Fijo	RDSI PRI E1 Móvil	RDSI PRI E1 disponible
CM1	Sede 1	CM1-VGW1-1	2	0	2
		CM1-VGW2-1	1	1	2
	Sede 2	CM1-VGW1-2	2	1	1
		CM1-VGW2-2	1	1	2
		CM1-VGW3-2	2	1	1
	Sede 3	CM1-VGW1-3	1	1	2
		CM1-VGW2-3	1	1	2
	Sede 4	CM1-VGW1-4	1	0	1
		CM1-VGW2-4	1	0	1
	Sede 5	CM1-VGW1-5	1	0	1
		CM1-VGW2-5	1	0	1
CM2	Sede 6	CM2-VGW1-6	1	0	0
		CM2-VGW2-6	0*	0	1
	Sede 7	CM2-VGW1-7	1	0	0
		CM2-VGW2-7	0*	0	1

Tabla 27: Distribución de gateways de voz por sede

(*) Puerto configurado pero sin ningún enlace E1 conectado. Se usará sólo en caso de caída del otro gateway de la misma sede.

La disponibilidad de puertos E1 de la tabla anterior está calculada en base a las tarjetas de puertos instaladas en el chasis de los gateways de voz.

Como se puede apreciar, existe al menos un par de gateways por sede principal, por lo que se consigue redundancia física de los equipos. Si uno de ellos perdiera conectividad con la centralita IP, las llamadas salientes a las redes públicas se encaminarían por el otro dispositivo de esa sede

La tabla 28 muestra, según la documentación del fabricante, la cantidad máxima de enlaces E1 RDSI que admiten los diferentes modelos de gateway. Para el modelo de gateway 2921 es de 8 (240 canales):

Capacidad TDM en los Gateway			
Dispositivo	Nº Canales	T1s	E1s
2801	32	1	1
2811	70	3	2.5
2821	112	4	3.5
2851	170	7	5.5
3825	340	14	11
3845	450	18	15
2901	100	4	3
2911	150	6	5
2921	240	10	8
2951	400	16	13

Tabla 28: Capacidad E1s según modelo gateway de voz

Los enlaces RDSI PRI E1 de telefonía fija se usan para conectar la plataforma de ToIP con la PSTN de Movistar o de British Telecom bajo estos supuestos:

- Llamadas salientes desde los teléfonos IP de la compañía a la red pública, para llamadas de emergencia y para alcanzar destinos locales, nacionales e internacionales.
- Llamadas entrantes desde la PSTN a los teléfonos IP de la compañía.

Los enlaces RDSI PRI E1 de telefonía móvil se usarán para conectar la plataforma de ToIP con la red pública móvil de Vodafone bajo estos supuestos:

- Llamadas salientes desde los teléfonos IP de la compañía a terminales móviles corporativos o no corporativos.
- Llamadas entrantes desde móviles corporativos o no corporativos a los teléfonos IP de la compañía.

La tabla 29 resume la distribución de los diferentes E1 conectados a los gateways ISR2 registrados en cada uno de los cluster de CUCM:

Cluster	Sede	Gateway Voz	Puerto	Servicio
CM1	1	CM1-VGW1-1	0/0/0	Telefonía Fija - Movistar
			0/0/1	Telefonía Fija - Movistar
		CM1-VGW2-1	0/0/0	Telefonía Fija - Movistar
			0/0/1	Telefonía Móvil - Vodafone
	2	CM1-VGW1-2	0/0/0	Telefonía Fija - Movistar
			0/0/1	Telefonía Fija - Movistar
			0/1/0	Telefonía Móvil - Vodafone
		CM1-VGW2-2	0/0/0	Telefonía Fija - Movistar
			0/0/1	Telefonía Móvil - Vodafone
		CM1-VGW3-2	0/0/0	Telefonía Fija - Movistar
			0/0/1	Telefonía Fija - Movistar
			0/1/0	Telefonía Móvil - Vodafone
	3	CM1-VGW1-3	0/0/0	Telefonía Fija - Movistar
			0/0/1	Telefonía Móvil - Vodafone
		CM1-VGW2-3	0/0/0	Telefonía Fija - Movistar
			0/0/1	Telefonía Móvil - Vodafone
	4	CM1-VGW1-4	0/0/0	Telefonía Fija - Movistar
		CM1-VGW2-4	0/0/0	Telefonía Fija - Movistar
	5	CM1-VGW1-5	0/0/0	Telefonía Fija - Movistar
		CM1-VGW2-5	0/0/0	Telefonía Fija - Movistar
CM2	6	CM2-VGW1-6	0/0/0	Telefonía Fija – British Telecom
		CM2-VGW2-6	0/0/0	Telefonía Fija – British Telecom *
	7	CM2-VGW1-7	0/0/0	Telefonía Fija – British Telecom
		CM2-VGW2-7	0/0/0	Telefonía Fija – British Telecom **

Tabla 29: Distribución de E1s por gateway de voz

(*) Puerto configurado pero sin ningún enlace E1 conectado. Si el gateway CM2-VGW1-6 sufriera algún problema se conectará el E1 en el puerto 0/0/0 del gateway CM2-VGW2-6

(**) Puerto configurado pero sin ningún enlace E1 conectado. Si el gateway CM2-VGW1-7 sufriera algún problema se conectará el E1 en el puerto 0/0/0 del gateway CM2-VGW2-7

CUCM sabe enrutar las extensiones internas perfectamente, pero para alcanzar destinos externos precisa de la definición de una ruta. Se puede ver el proceso de selección de ruta en la figura 24:

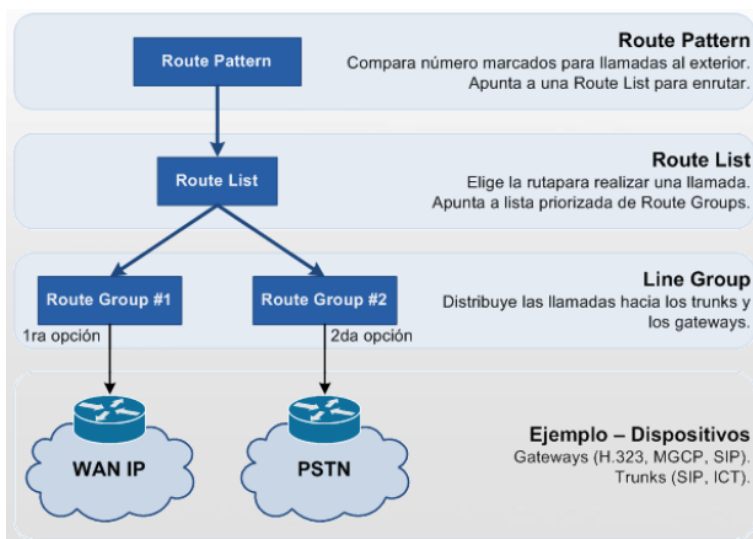


Figura 24: Selección de ruta en CUCM

En base a la distribución de enlaces E1 existente, se generan diferentes grupos de rutas clasificados según el operador de telecomunicaciones y la sede a la que pertenezcan. Se considera que todos los tipos de llamadas externas efectuadas por las sedes 6 y 7, ubicadas en Reino Unido, se cursarán por los enlaces de BT, excepto las llamadas a números españoles, que se cursarán a través de los SIP trunk.

Estos grupos priorizan el enlace a utilizar dentro del conjunto, permitiendo un balanceo del tráfico de llamadas entre los diferentes E1, y redundancia ante la caída de un gateway completo. El listado de los grupos de rutas puede consultarse en la tabla 30, donde adicionalmente se añaden dos grupos de rutas creados expresamente para recoger a los SIP Trunk que unen los cluster de CUCM con el cluster pasarela CM3:

Cluster CUCM	Grupo de Rutas	RDSI PRI E1	Descripción
CM1	RG-Movistar-Sede1	CM1-VGW1-1 - 0/0/0	Telefonía Fija – Movistar – Sede 1
		CM1-VGW2-1 – 0/0/0	
		CM1-VGW1-1 – 0/0/1	
	RG-Vodafone-Sede1	CM1-VGW2-1 – 0/0/1	Telefonía Móvil - Vodafone – Sede 1
	RG-Movistar-Sede2	CM1-VGW1-2 – 0/0/0	Telefonía Fija - Movistar – Sede 2
		CM1-VGW2-2 – 0/0/0	
		CM1-VGW3-2 – 0/0/0	
		CM1-VGW1-2 – 0/0/1	
	RG-Vodafone-Sede2	CM1-VGW3-2 – 0/0/1	Telefonía Móvil - Vodafone – Sede 2
		CM1-VGW1-2 – 0/1/0	
		CM1-VGW2-2 – 0/0/1	
	RG-Movistar-Sede3	CM1-VGW3-2 – 0/1/0	Telefonía Fija - Movistar – Sede 3
		CM1-VGW1-3 – 0/0/0	
	RG-Vodafone-Sede3	CM1-VGW2-3 – 0/0/0	Telefonía Móvil - Vodafone – Sede 3
		CM1-VGW1-3 – 0/0/1	
CM2	RG-Movistar-Sede4	CM1-VGW2-3 – 0/0/1	Telefonía Móvil - Vodafone – Sede 3
		CM1-VGW1-4 – 0/0/0	
	RG-Movistar-Sede5	CM1-VGW2-4 – 0/0/0	Telefonía Fija – Movistar – Sede 4
		CM1-VGW1-5 – 0/0/0	
	RG-SIP-CM1-CM3	CM1-VGW2-5 – 0/0/0	Telefonía Fija - Movistar – Sede 5
		SIP_TRK-CM1-CM3	
CM2	RG-BT-Sede6	SIP Trunk conectando CM1 y CM3	SIP Trunk conectando CM1 y CM3
		CM2-VGW1-6 – 0/0/0	
	RG-BT-Sede7	CM2-VGW2-6 – 0/0/0	Telefonía – British Telecom – Sede 6
		CM2-VGW1-7 – 0/0/0	
	RG-SIP-CM2-CM3	CM2-VGW2-7 – 0/0/0	Telefonía – British Telecom – Sede 7

Tabla 30: Grupos de rutas definidos en CUCM

Para escoger la ruta más apropiada a cada patrón de marcación se debe generar otra clasificación que priorice el uso de los grupos de rutas anteriores. De esa forma, si los enlaces E1 de telefonía fija o móvil de una sede no están disponibles, por estar ocupados o por haberse perdido conectividad con la sede, se pueden enviar llamadas salientes por los enlaces de otra sede. Del mismo modo, si la conexión intercluster mediante SIP Trunk no estuviera disponible, se enviarían las llamadas desde España a Reino Unido por la PSTN e igualmente para las llamadas desde Reino Unido a España.

Cada sede intentará enviar las llamadas por sus propios enlaces como primera opción y, para las delegaciones más concurridas, se tomarán como opciones alternativas los enlaces de las otras sedes más próximas geográficamente y con más personal. Las delegaciones sin enlaces de telefonía móvil, enviarán sus llamadas por los enlaces móviles de la sede geográficamente más próxima.

La tabla 31 muestra las listas de rutas definidas:

Cluster CUCM	Lista de Rutas	Grupo de Rutas	Descripción
CM1	RL-Movistar-Sede1	RG-Movistar-Sede1	Telefonía Fija – Movistar – Sede 1
		RG-Movistar-Sede2	
		RG-Movistar-Sede3	
	RL-Vodafone-Sede1	RG-Vodafone-Sede1	Telefonía Móvil - Vodafone – Sede 1
		RG-Vodafone-Sede2	
		RG-Vodafone-Sede3	
	RL-Movistar-Sede2	RG-Movistar-Sede2	Telefonía Fija - Movistar – Sede 2
		RG-Movistar-Sede1	
		RG-Movistar-Sede3	
	RL-Vodafone-Sede2	RG-Vodafone-Sede2	Telefonía Móvil - Vodafone – Sede 2
		RG-Vodafone-Sede1	
		RG-Vodafone-Sede3	
	RL-Movistar-Sede3	RG-Movistar-Sede3	Telefonía Fija - Movistar – Sede 3
		RG-Movistar-Sede4	
		RG-Movistar-Sede2	
	RL-Vodafone-Sede3	RG-Vodafone-Sede3	Telefonía Móvil - Vodafone – Sede 3
		RG-Vodafone-Sede2	
		RG-Vodafone-Sede1	
	RL-Movistar-Sede4	RG-Movistar-Sede4	Telefonía Fija – Movistar – Sede 4
		RG-Movistar-Sede5	
		RG-Movistar-Sede3	
	RL-Movistar-Sede5	RG-Movistar-Sede5	Telefonía Fija - Movistar – Sede 5
		RG-Movistar-Sede4	
		RG-Movistar-Sede3	
	RG-SIP-CM1-CM3	SIP_TRK-CM1-CM3	SIP Trunk conectando CM1 y CM3
		RG-Movistar-Sede2	
CM2	RL-BT-Sede6	RG-BT-Sede6	Telefonía – British Telecom – Sede 6
		RG-BT-Sede7	
	RL-BT-Sede7	RG-BT-Sede7	Telefonía – British Telecom – Sede 7
		RG-BT-Sede6	
	RG-SIP-CM2-CM3	SIP_TRK-CM1-CM3	SIP Trunk conectando CM1 y CM3
		RG-Movistar-Sede2	

Tabla 31: Listas de rutas definidas en CUCM

Por último, cada patrón de enrutamiento definido para cada sede en el plan de marcación debe escoger un listado de rutas de los definidos en la tabla anterior para enviar la llamada a un destino en concreto.

Las figuras 25 y 26 constituyen un ejemplo práctico del proceso de selección de ruta por el que pasa una llamada saliente efectuada desde un teléfono IP hasta alcanzar la PSTN y la red GSM respectivamente. Las figuras representan gráficamente el proceso de selección de ruta resumido previamente en la figura 24:

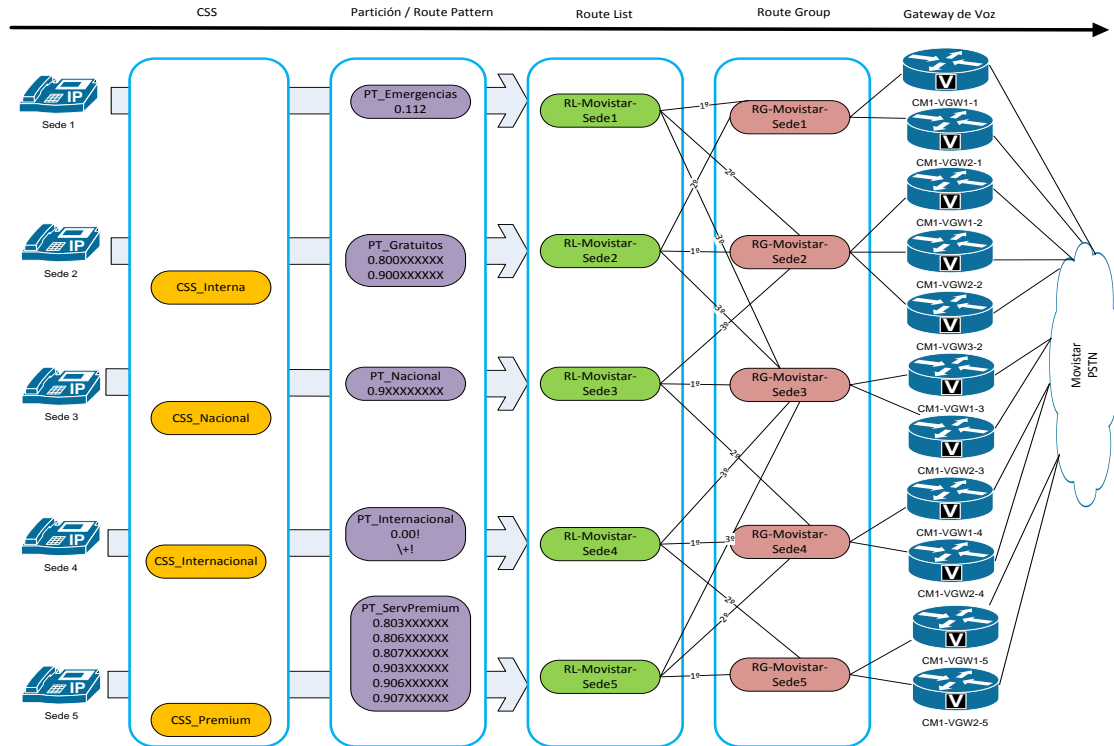


Figura 25: Selección de ruta hasta la PSTN

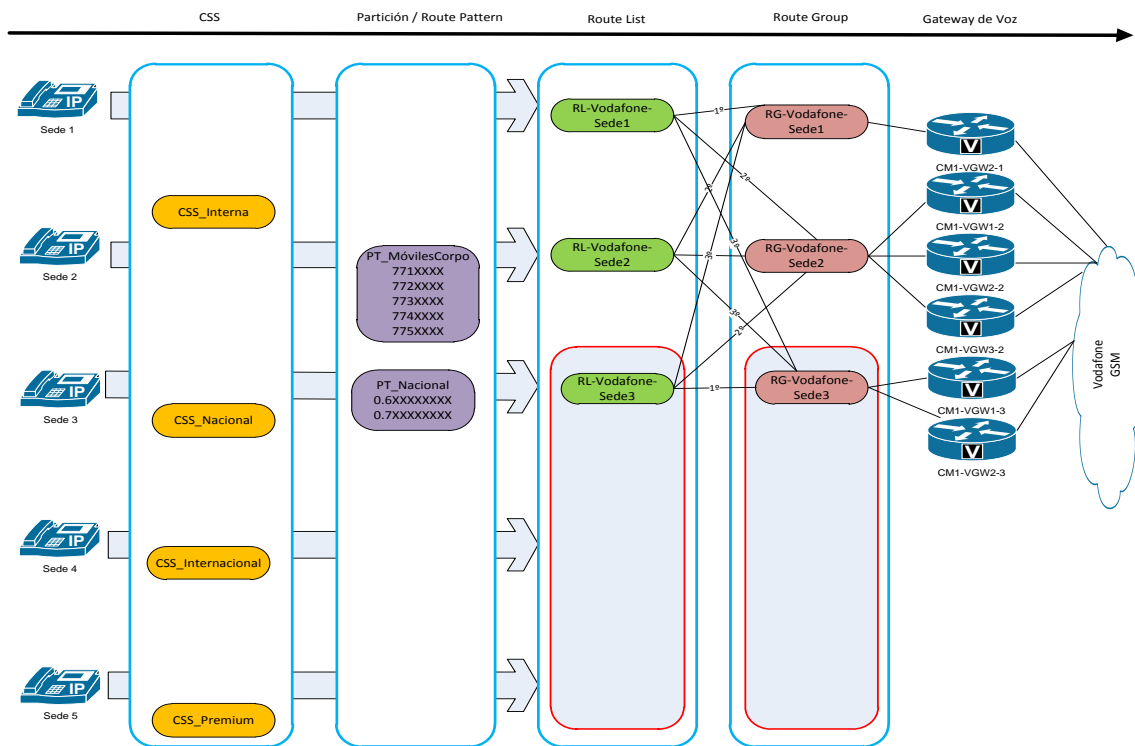


Figura 26: Selección de ruta hasta la red GSM

4.8 Diseño de CUC

La solución de mensajería de voz proporciona buzones de voz a los usuarios de la compañía, que accederán a las posibilidades que el sistema les ofrece mediante el interfaz TUI (*Telephony User Interface*). Una IVR guiará a los usuarios por los diferentes menús posibles.

Se compone de un cluster distribuido por la WAN, formado por dos servidores en configuración de alta disponibilidad. Siempre y cuando ambos nodos del cluster mantengan la misma capacidad de los buzones de voz y las mismas licencias, ante la caída de uno de los servidores, el otro será capaz de mantener el historial de mensajes de voz, los saludos personales de los buzones y el enrutamiento de las llamadas.

Además se propone un servidor *stand-alone* dedicado a satisfacer las necesidades de las nuevas delegaciones de la compañía, las actuales y las futuras, pero sin la seguridad que ofrece una solución redundada, debido a que por el momento únicamente deberá dar servicio a dos pequeñas delegaciones.

En la figura 27 puede apreciarse un esquema representativo:

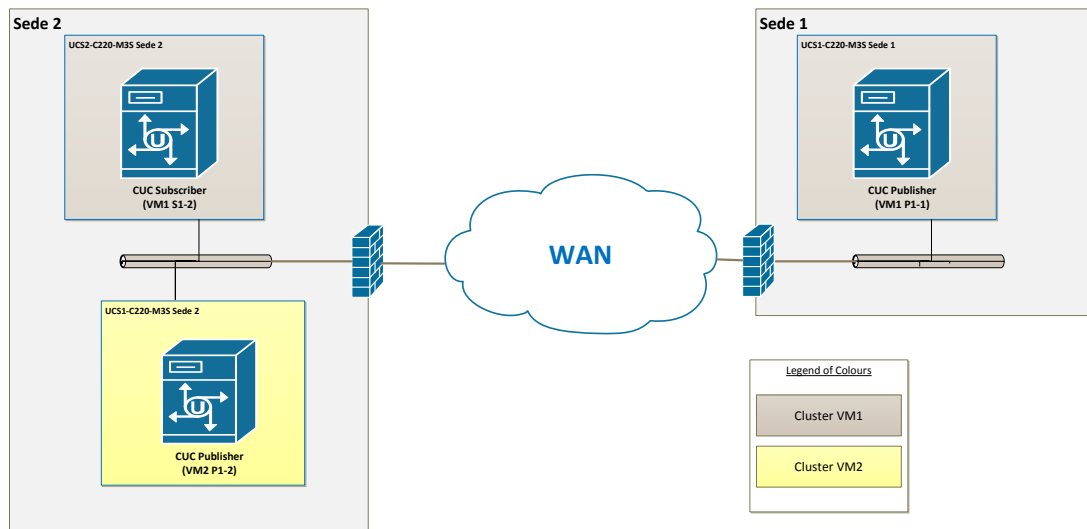


Figura 27: Arquitectura de CUC

Cisco Unity Connection es un sistema escalable hasta 100000 usuarios, que utiliza el mismo sistema operativo basado en Linux sobre el que se ejecuta el CUCM. Incluye un servidor IMAP integrado para acceder vía email a los mensajes de voz y una interfaz web para mostrar estos mensajes. Por lo tanto, maneja llamadas y peticiones IMAP y HTTP. CUC puede integrarse con servidores de correo electrónico, como Microsoft Exchange o como Lotus Domino, para proporcionar las funciones de calendario y agenda.

En su configuración de alta disponibilidad la máxima capacidad que ofrece el diseño propuesto es de 20000 usuarios.

Al permanecer ambos nodos del cluster VM1 conectados a través de la WAN, existe un consumo de ancho de banda entre ellos. Se debe garantizar un mínimo de este caudal, dependiendo de la cantidad de puertos de mensajería provisionados en cada servidor del cluster. Este diseño se plantea con 150 puertos por cada sede, por lo que según las especificaciones del fabricante se precisan 21 Mbps en la sede 1 y otros 21 Mbps en la sede 2. La latencia máxima permitida para las conexiones entre servidores es de 150 mseg [27].

Se aplicará una redundancia en las conexiones a los servidores CUC de modo que:

- Los buzones de voz de los usuarios de las sedes 1, 3, 4, 5 y D se registrarán en el servidor publisher del cluster VM1, mientras que los de las sedes 2, E y B lo harán en el subscriber.
- Todas las sesiones de usuarios y de administrador se efectúan contra el publisher del cluster. En caso de que este servidor deje de funcionar, las conexiones se efectuarán contra el subscriber.
- Los servidores CUCM deben tratar de encaminar las llamadas entrantes destinadas a los buzones de voz hacia el servidor subscriber. Si no hubiera puertos de mensajería libres en este servidor, se trasladarán las llamadas al servidor publisher.

La secuencia de failover del cluster VM1 en caso de problemas sería la mostrada en la tabla 32:

Sede	Servidor Primario	Servidor Secundario
1, 3, 4, 5, D	VM1 P1-1	VM1 S1-2
2, B, C	VM1 S1-2	VM1 P1-1
6, 7	VM2 P1-2	-

Tabla 32: Redundancia en cluster VM1

La integración entre CUC y CUCM se realiza vía SCCP y se basa en tres bloques principales:

- Sistema de Telefonía: se especifican los servidores AXL (*Administrative XML Layer*) necesarios para que CUC pueda acceder a la base de datos de CUCM e importar sus usuarios en formato XML (*eXtensible Markup Language*).
- Grupo de puertos: reúne los puertos del sistema de mensajería y permite seleccionar los servidores CUCM y TFTP.
- Puertos: los puertos asociados al sistema de mensajería deben crearse al tiempo en CUCM y CUC. Existe un tutorial guiado desde CUCM para generar los puertos en CUC.

Las llamadas entrantes al CUC se gestionan mediante controladores de llamadas (*Call Handler*). Pueden ser de varios tipos, entre ellos:

- Call Handler del sistema: se usan para mensajes de bienvenida y se pueden personalizar para ofrecer un menú de opciones al usuario. También presentan mensajes automatizados que reproducirán locuciones ante llamadas al sistema fuera del horario laboral de la compañía.
- Call Handler de directorio: permiten a la persona llamante buscar a la persona con la que quieren contactar en el directorio del servidor CUC.

CUC tiene dos criterios para enrutar las llamadas:

- Reglas de encaminamiento directo: aplican cuando el llamante accede directamente al CUC, presionando el botón *Messages* de su terminal IP, marcando la extensión virtual de entrada al sistema o la extensión de uno de sus puertos de mensajería.

- Reglas para llamadas redirigidas: aplican cuando el usuario no contestó la llamada o ya tenía una llamada en curso.

CUC analiza la información de la llamada para encaminarla al puerto CUC adecuado y poder responderla: número origen, número destino, estación que redirige la llamada, horario,...

Otra de las posibilidades que ofrece CUC es el envío de mensajes a listas de distribución genéricas del sistema o a listas privadas, que son creadas por el usuario.

En este diseño, en caso de caída del enlace IP WAN, las llamadas pueden redirigirse a través de la PSTN. Cuando una llamada llega al CUC en esas condiciones, la identificación del llamante en la PSTN no le reconoce como propietario de un buzón de voz. Por ello se añade para cada usuario un número de extensión alternativo.

La tabla 33 recoge algunas de las características de los buzones de voz configurados en este despliegue:

Perfil	
Grabación del nombre del usuario del buzón de voz	Activado
Duración máxima de grabación del nombre del usuario	30 seg
Listado de los usuarios con buzón de voz en el directorio telefónico	Activado
Mensajes	
Duración máxima de grabación de mensajes	330 seg
Usuarios pueden enviar mensajes a listas distribución públicas	Activado
Saludo inicial	
Duración máxima del saludo de bienvenida al buzón	90 seg

Tabla 33: Principales características de los buzones de voz

Se configuran algunas restricciones para que el sistema se use sin salir de los límites de la compañía:

- Recepción de notificaciones de mensajes y uso de teléfono capaz de grabar o reproducir locuciones:

Patrón de marcación	Permiso
000*	No
0*	No
1*	No
2*	No
4*	No
5*	No
6*	No
7*	No
8*	No
+*	No
*	Sí

Tabla 34: Restricciones de CUC (I)

Según la tabla 34, toda numeración (principalmente extensiones de la compañía, que comienzan por los dígitos 3 y/o 9) con permiso habilitado es susceptible de recibir notificaciones de mensajes y puede recibir una llamada del CUC para grabar o reproducir mensajes, teniendo en cuenta que el carácter ? representa a cualquier

dígito unitario mientras que el carácter * es cualquier conjunto de caracteres. La longitud del patrón oscila entre 1 y 30 caracteres.

- Numeración restringida para recibir llamadas del CUC por no estar asociada a usuarios de buzón de voz:

Patrón de marcación	Permiso
000*	No
09*	No
0*	No
1*	No
2*	No
4*	No
5*	No
6*	No
7*	No
8*	No
+	No
*	Sí

Tabla 35: Restricciones de CUC (II)

Atendiendo a la tabla 35, toda numeración (principalmente extensiones de la compañía, que comienzan por los dígitos 3 y/o 9) con permiso habilitado es susceptible de recibir una llamada del CUC, teniendo en cuenta que el carácter ? representa a cualquier dígito unitario mientras que el carácter * es cualquier conjunto de caracteres. La longitud del patrón oscila entre 1 y 30 caracteres.

4.9 Diseño de UCCX

La solución ideada para contact center se compone de un cluster formado por dos servidores, configurados en alta disponibilidad del tipo activo/pasivo. Están distribuidos por la WAN y sin balanceo de carga, estando el servidor principal ubicado en la sede 1 y el secundario en la sede 2. Se puede ver un esquema de la solución en la figura 28:

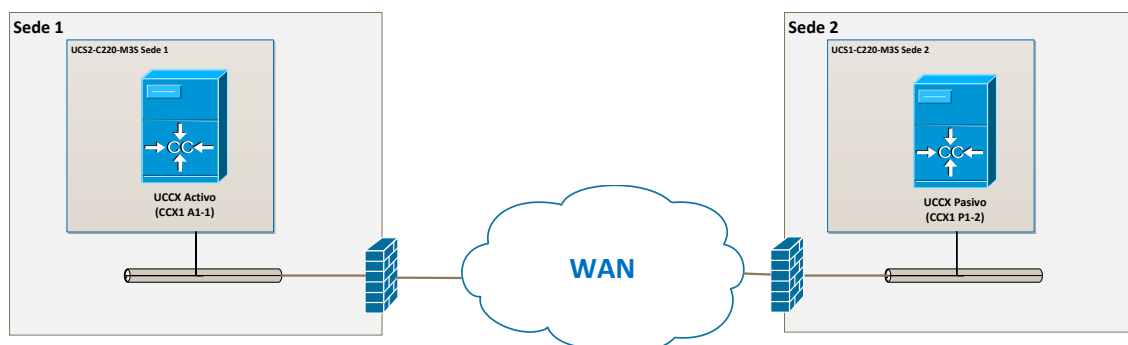


Figura 28: Arquitectura UCCX

Si el servidor activo falla, el servidor pasivo tomará el control de las nuevas llamadas entrantes tras cinco segundos aproximadamente.

Las llamadas en curso tramitadas por los agentes en el momento de la caída del servidor activo se mantendrán activas, sin producirse corte en esas llamadas.

Las herramientas de gestión de los agentes y los supervisores del contact center conectan automáticamente con el servidor que asumió el control tras la caída el otro servidor del cluster.

La secuencia de failover del cluster CCX1 en caso de problemas sería la mostrada en la tabla 36:

Sede en la que se registran los agentes	Servidor Activo	Servidor Pasivo
1	CCX1 A1-1	CCX1 P1-2
2	CCX1 A1-1	CCX1 P1-2

Tabla 36: Redundancia en cluster CCX1

Existe un consumo de ancho de banda entre ambos nodos del cluster CCX1 por el simple hecho de permanecer conectados a través de la WAN. Se envían entre sí señales *heartbeat* y se producen replicaciones de las bases de datos de los servidores. Además, se debe garantizar un mínimo de este caudal para que todas las comunicaciones entre aplicaciones cliente relacionadas con el contact center (Cisco Agent Desktop, Cisco Supervisor Desktop, Cisco Historical Reports,...) y los servidores UCCX fluyan sin problemas [19]:

- Para las comunicaciones entre servidores UCCX es necesario reservar 1,2 Mbps.
- Son necesarios 800 Kbps destinados al tráfico de datos entre los servidores UCCX y los servidores CUCM remotos.
- La latencia máxima permitida para las conexiones entre servidores es de 80 mseg.
- Los heartbeats se envían cada segundo para mantener la alta disponibilidad a través de la WAN. Un failover ocurre cuando se pierden en la red diez señales heartbeat consecutivas.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, para este diseño se precisa al menos la reserva de 2 Mbps en la sede 1 y otros 2 Mbps en la sede 2.

Para cumplir con las especificaciones del cliente se implementan tres servicios diferentes sobre la plataforma contact center:

- Operadora automática, ubicada en la sede 2, para centralizar las llamadas entrantes al número de referencia de la compañía.
- Help Desk de IT, repartido entre las sedes 1, 2 y 3, para recoger incidencias y consultas de los usuarios.
- Recursos Humanos, con sus agentes ubicados en las sedes 1 y 2, para atender consultas de los trabajadores y gestiones como horas extras, vacaciones, bajas médicas, formaciones, etc.

Estas aplicaciones (*scripts*) presentan una serie de características comunes:

- Aceptación de llamadas entrantes y distribución de acuerdo a las habilidades y competencias de los usuarios actuando como agentes del contact center.
- Oferta a la persona llamante de diferentes opciones para alcanzar la persona o departamento deseado mediante locuciones personalizadas.

- Discriminación por sedes entre día laboral o no laboral y entre llamada entrante durante la jornada laboral o fuera de ella.
- Modificación de los pesos de habilidades de los agentes en cada materia por parte del supervisor.
- Modificación de los parámetros de cada programación, por parte de los supervisores desde la web de administración del contact center, para poder establecer horario fuera de oficina bajo demanda, entre otras acciones posibles.
- Modificación del estado de los agentes por parte del supervisor y monitorización de sus llamadas, así como envío de información en tiempo real a los agentes a través de sus clientes software Cisco Agent Desktop.

El contact center presenta por defecto varios tipos de informes mediante la herramienta Cisco Historical Reports. Generan estadísticas de uso del contact center, como pueden ser la duración de las llamadas incluyendo a las partes llamante y llamada, los tiempos en los que cada agente está preparado para recoger llamadas, los retrasos en las recogidas de llamadas, la cantidad de llamadas atendidas, abandonadas, encoladas, etc. En la figura 29 se aprecia la selección de informes en la herramienta:

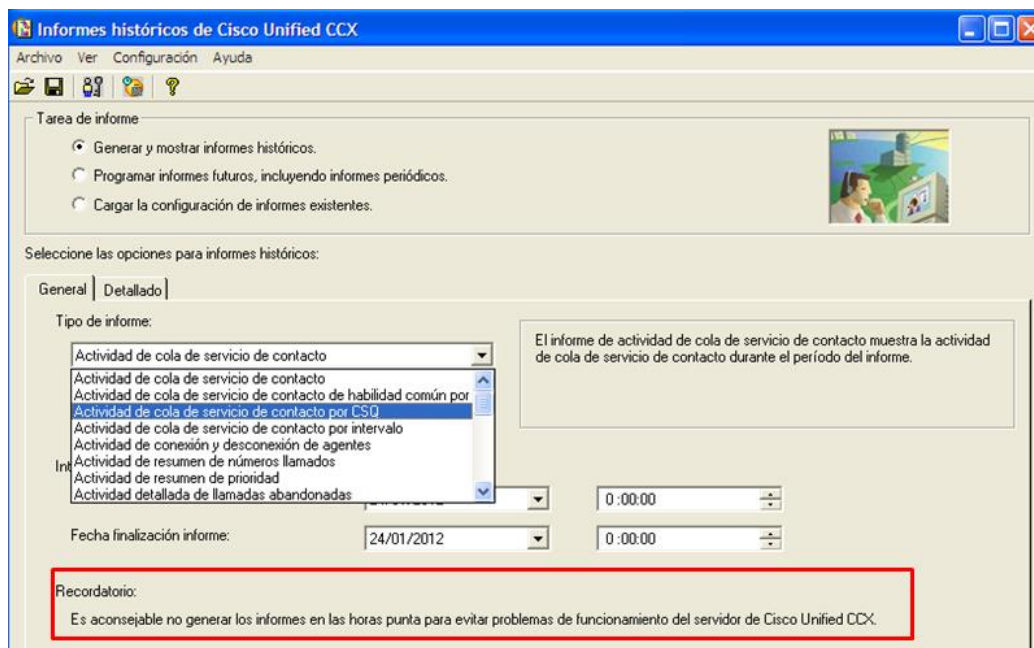


Figura 29: Generación de informes históricos

Finalmente, se puede monitorizar en tiempo real el uso de las aplicaciones definidas en el contact center.

FLUJOGRAMA OPERADORA AUTOMÁTICA

En esta primera fase de la migración a telefonía IP de toda la infraestructura telefónica de la empresa cliente es suficiente con generar una programación básica para la recepción de llamadas entrantes al número principal de la compañía.

Su funcionamiento, que se esquematiza en la figura 30, es el siguiente:

- La persona llamante escucha un mensaje de bienvenida.
- La programación de UCCX comprueba si la llamada se ajusta al horario laboral marcado por el cliente.
- Si se ajusta al horario laboral, la llamada se cursa a la operadora de la centralita. Si está disponible la recoge, y si está ocupada la encola durante un máximo de dos minutos antes de enviarla a un buzón de voz corporativo.

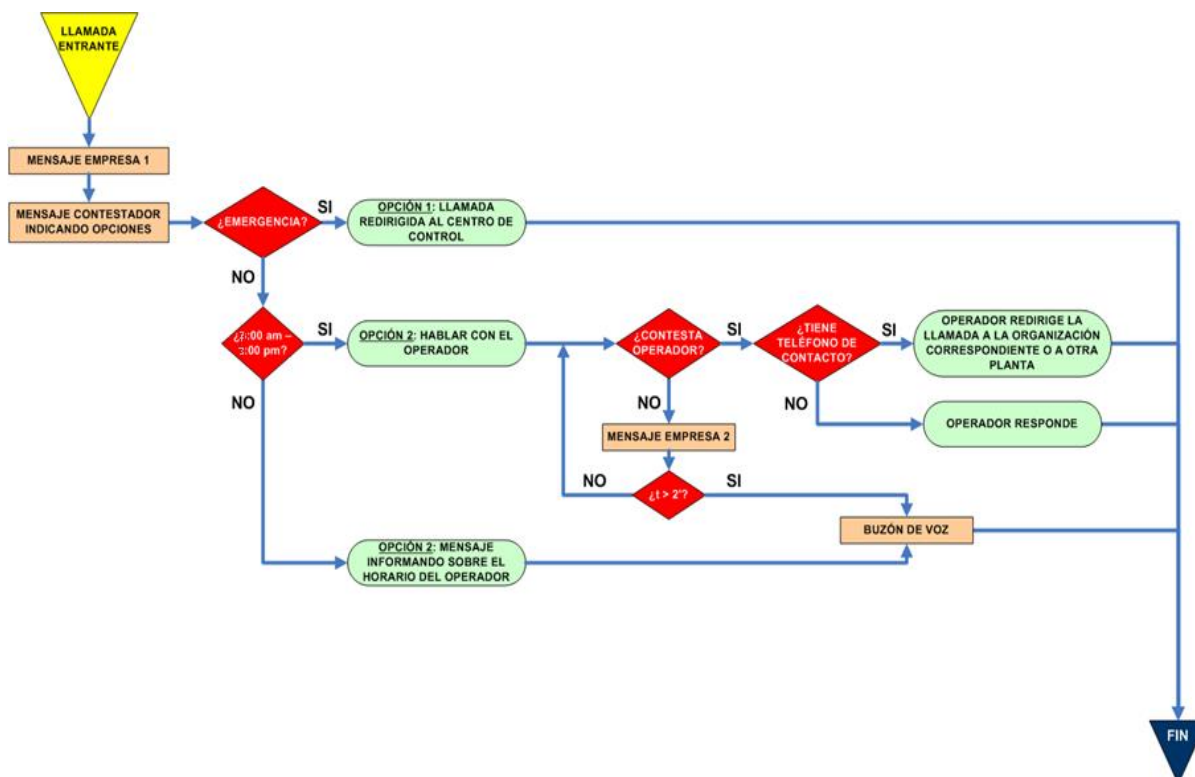


Figura 30: Diagrama de flujo de Operadora Automática

4.9.1 FLUJOGRAMA HELP DESK IT

El servicio Help Desk atiende incidencias en castellano y en inglés.

Los agentes del departamento de IT con mayor capacidad para hablar en inglés tendrán un peso más alto en la cola de atención en inglés dentro de la configuración de su perfil de agente del contact center. De ese modo, las llamadas de trabajadores internacionales les entrarán preferiblemente a estas personas de IT antes que a otras con pesos más altos en la cola de atención en castellano.

En la cola de atención en castellano se ofrece un menú de opciones con las incidencias más típicas a fin de que las recojan también los agentes más preparados o más acostumbrados a resolverlas.

La figura 31 representa el camino recorrido por una llamada entrante al Help Desk del departamento IT:

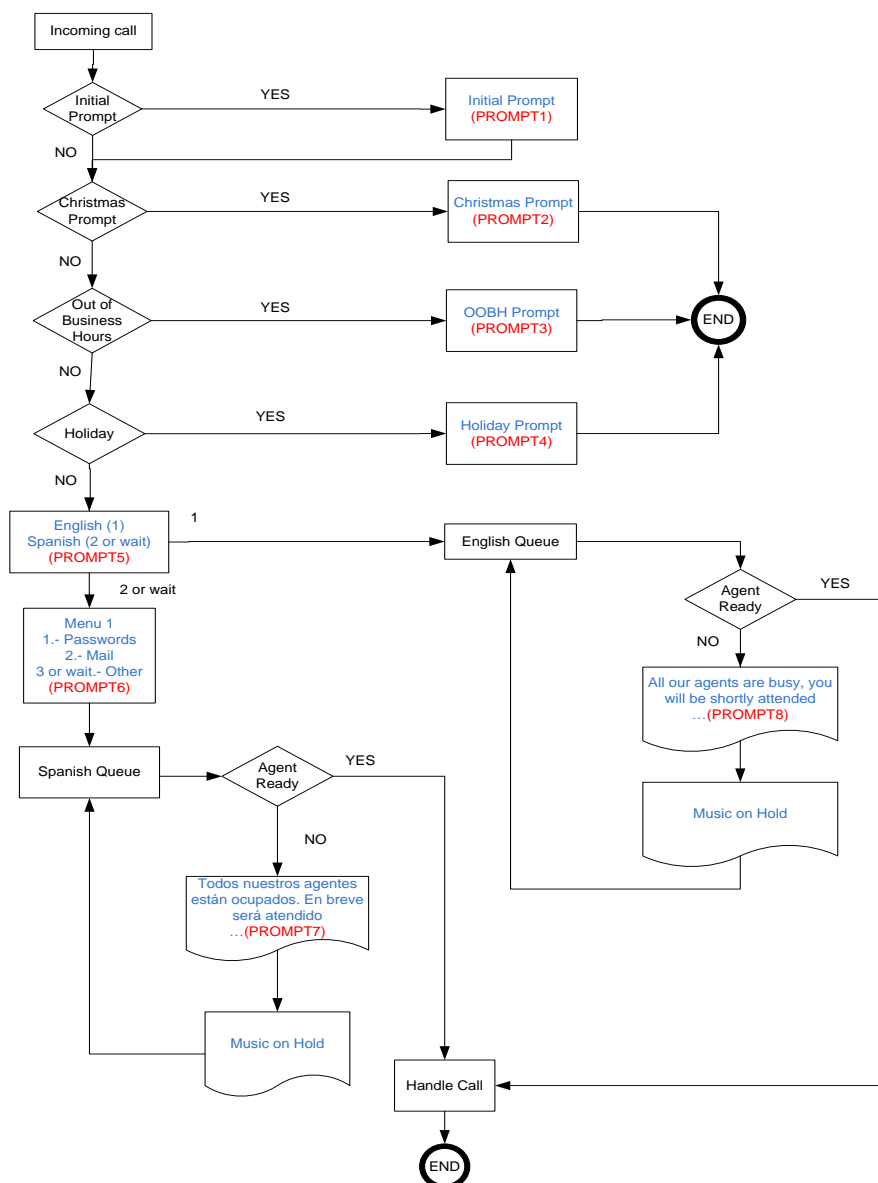


Figura 31: Diagrama de flujo de Help-Desk IT

4.9.2 FLUJOGRAMA SERVICIO ATENCIÓN RR.HH

Para evitar la tramitación de muchas llamadas relacionadas con incidencias puntuales de alguno de los sistemas de RR.HH que ofrece la compañía a sus trabajadores (gestión de bajas laborales, gestión de horas extra,...), lo primero que escucha la persona llamante es una nota informativa con instrucciones al respecto del sistema averiado. Si no hay incidencia, el supervisor del contact center de RR.HH inhibiría el parámetro que activa su reproducción.

Esta programación también permita la posibilidad de cerrar el contac center de RR.HH bajo demanda, como puede ocurrir en fechas puntuales o en caso de problemas técnicos, de manera que una llamada entrante se desconectaría rápidamente tras escuchar algún mensaje justificando el cierre.

Como la mayoría de consultas de los trabajadores están relacionadas con la gestión de tiempos, se han generado dos colas en el contact center, una para tramitar ese tipo de consultas y otra para el resto de incidencias o consultas. En cada cola estarán los agentes más instruidos en la tramitación de esos problemas.

La figura 32 representa la programación implementada para el tratamiento de llamadas entrantes al servicio de RR.HH:

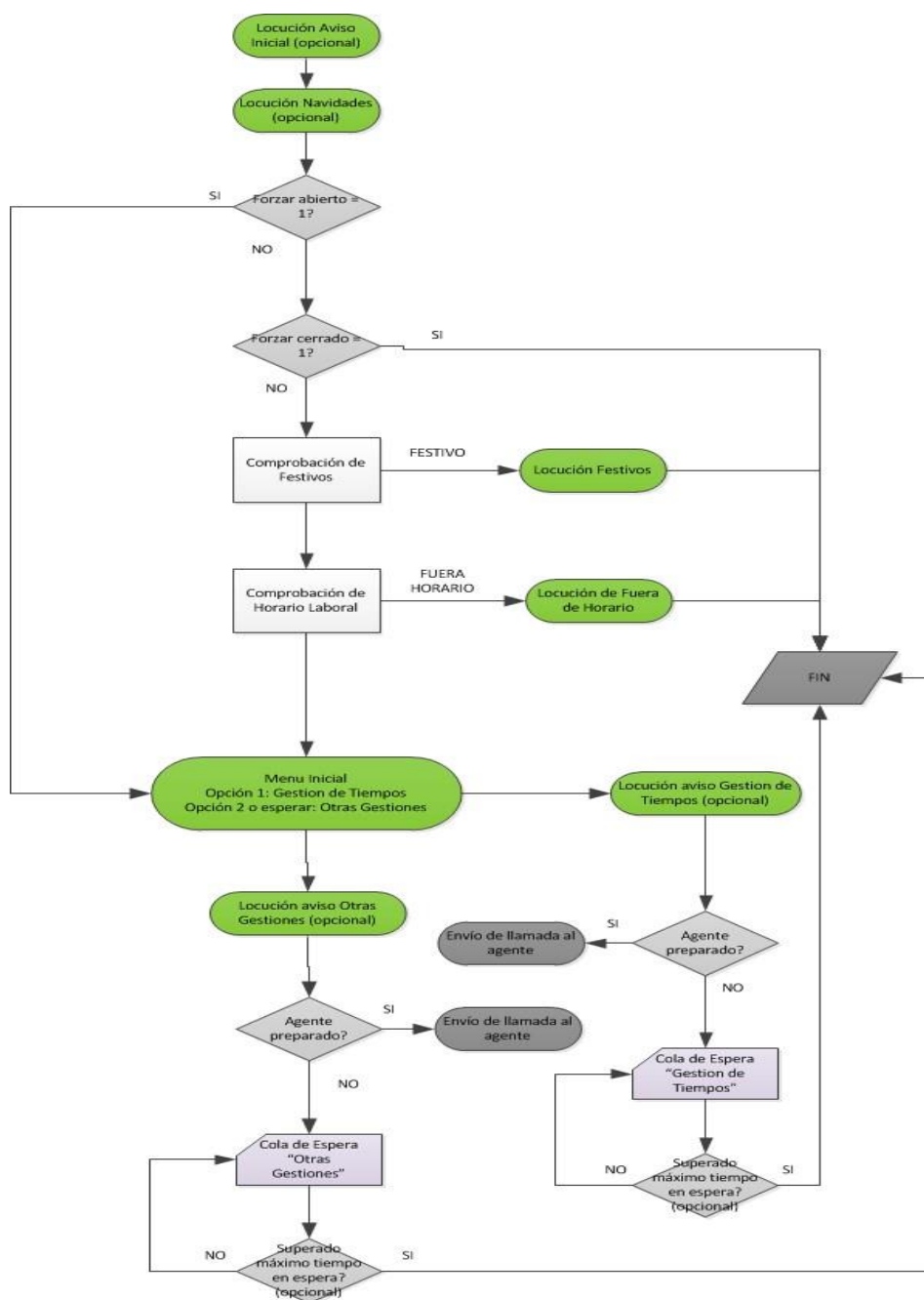


Figura 32: Diagrama de flujo de servicio de RR.HH

4.10 Monitorización de la Plataforma

Uno de los aspectos clave para una administración exitosa de un sistema de telefonía es mantener un control y una monitorización permanente sobre todo el sistema global. Se puede conseguir gracias a herramientas creadas a tal efecto, como RTMT (*Real Time Monitoring Tool*), que es la que incorpora el propio CUCM.

Mediante una apropiada gestión de vistas en un monitor actuando como cuadro de mando y una definición adecuada de alertas y umbrales de riesgo, se puede observar el comportamiento del sistema y detectar precozmente anomalías que afecten a la plataforma y, por lo tanto, al desempeño de los trabajadores de la compañía.

Algunas de las situaciones que se pueden advertir se mencionan a continuación:

- Pérdidas de conectividad con alguno de los servidores de telefonía.
- Caídas de los gateways de voz o de los E1 conectados a ellos.
- Caídas de alguno de los servicios críticos que ofrecen los servidores.
- Pérdidas de sincronismo entre las bases de datos de los servidores que conforman un cluster.
- Descenso en la cantidad de terminales IP registrados en los cluster de telefonía.
- Descenso en el número de puertos de mensajería de voz registrados en los servidores CUCM.
- Fallos en el sistema de recuperación ante errores o en las copias de seguridad.
- Fallos de autenticación al acceder a la gestión de los equipos.
- Fallos provocados por elevados consumos de CPU en los equipos.
- Fallos provocados por un uso excesivo de memoria virtual.
- Fallos provocados por el alcance de la capacidad máxima de almacenamiento disponible en los servidores.
- Alertas por ventilación que provoquen el apagado de un equipo.
- ...

Igualmente, mediante continuos análisis de la red de telefonía, se puede determinar su rendimiento durante la operación diaria, y verificar según se van incorporando nuevas sedes y nuevos usuarios a la red global de la compañía cliente, si las previsiones iniciales de uso de los enlaces internos o externos se están cumpliendo o si se precisan acciones correctivas por estar incorrectamente dimensionada la solución.

Las reservas de ancho de banda en los enlaces determinan la cantidad de llamadas que se pueden cursar sin afectación en su calidad, por lo que su dimensionamiento debería modificarse prematuramente, o dinámicamente según la compañía se va expandiendo y aumentando en número de empleados.

Algunos de los parámetros cuyo control ayuda a un correcto dimensionamiento de la solución son estos:

- Valores de rendimiento del sistema.
- Pérdida de paquetes, retardos y jitter en las llamadas.
- Uso de los recursos de medios del sistema.
- Tráfico de llamadas en tiempo real segmentadas por enlaces E1 o grupos de enlaces, bastante útil para conocer el flujo de llamadas de una sede en concreto.
- Tráfico de llamadas intentadas y completadas en un período temporal determinado y procesadas por cada servidor. Esta información puede ser complementada con el registro de los CDR.
- Cantidad de llamadas completadas o en progreso que hacen uso de los SIP Trunk que interconectan diferentes cluster de telefonía.

Ante la aparición de problemas, se pueden obtener los registros del tráfico generado por los protocolos de señalización que intervienen en las llamadas, así como acceder a los volcados de memoria de los servidores de telefonía, ambos de gran utilidad para iniciar las tareas de investigación y resolución de incidencias.

En la figura 33 se puede apreciar un conjunto de gráficas que forman el cuadro de mando de gestión de uno de los cluster de CUCM. En ellas se muestra la evolución en tiempo real de algunos de los parámetros medibles de la aplicación atendiendo al uso y rendimiento de la misma.

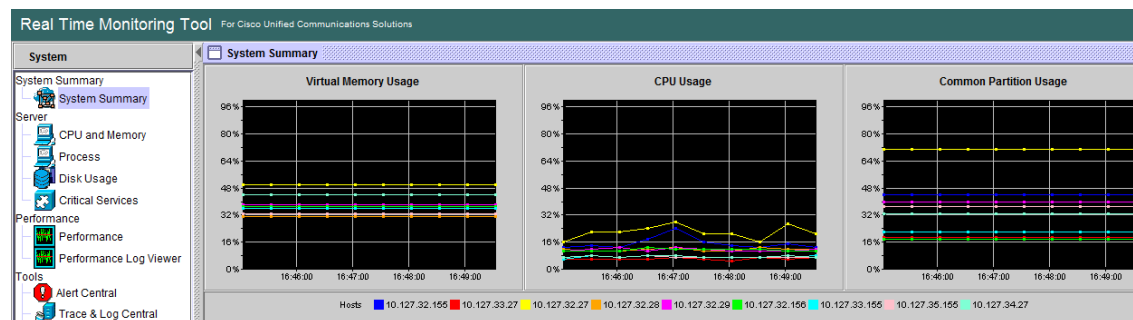
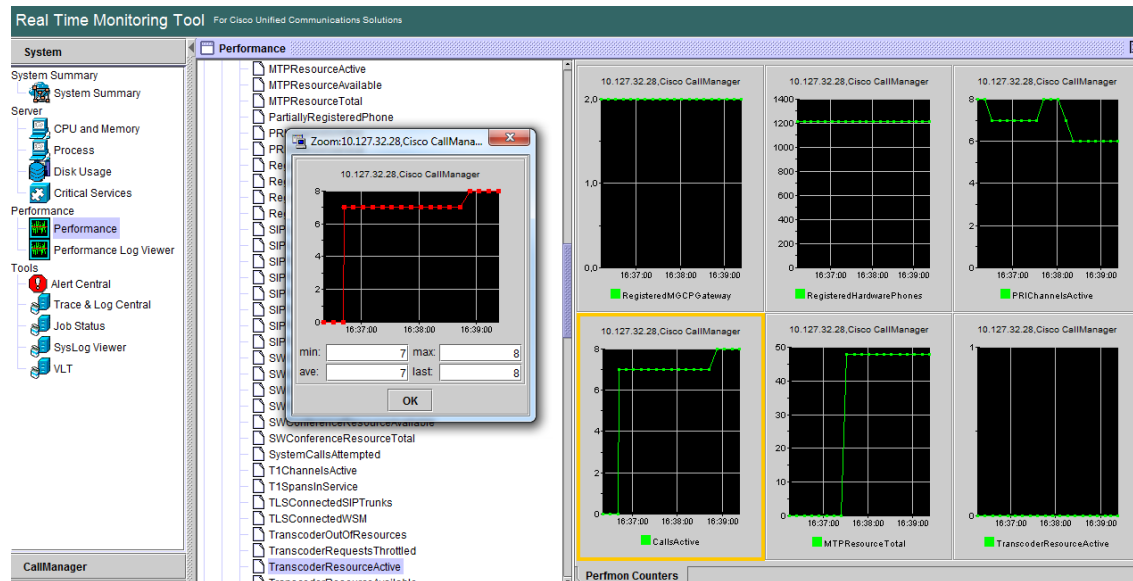


Figura 33: Monitorización en tiempo real de CUCM - Cuadro de mando

Por otra parte, la figura 34 muestra el cuadro de mando del cluster de CUC, con las características de entrega y recepción de mensajes de voz.

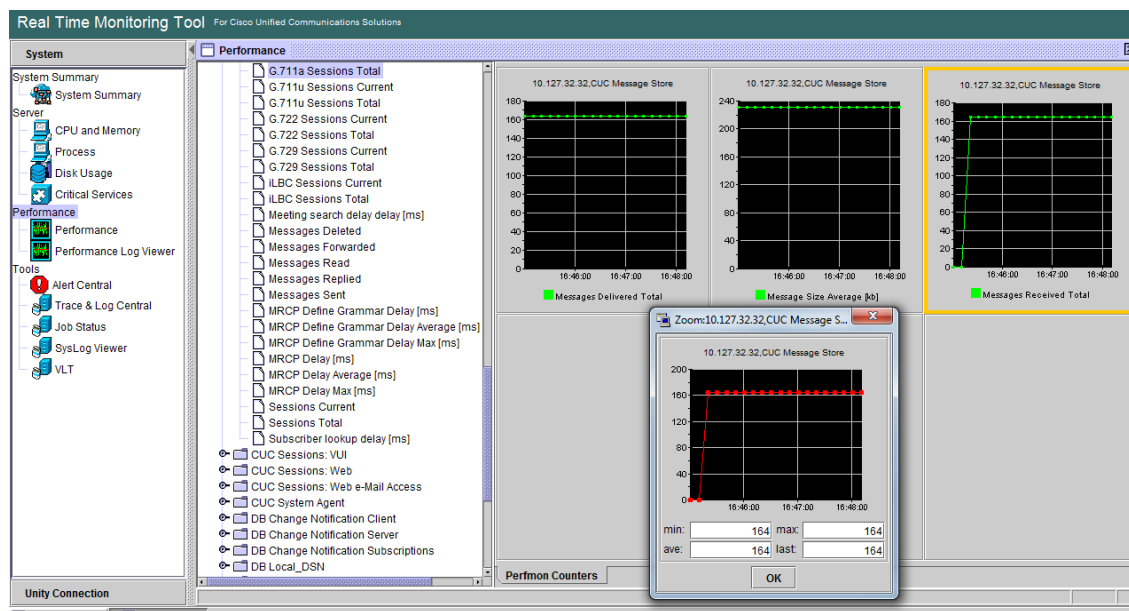


Figura 34: Monitorización en tiempo real de CUC - Cuadro de mando

La plataforma puede ser monitorizada también haciendo uso del protocolo SNMP [10] pues los servidores de telefonía y los gateways de voz incluyen agentes software SNMP. Estos agentes permiten el envío de *traps* cuando ocurre algún evento relacionado con determinados elemento definidos en las MIB (*Management Information Base*) de cada aplicación.

Un servidor virtualizado ubicado en la sede 2, en la red de acceso internacional, recibirá estos mensajes de alerta de telefonía y automáticamente los reenviará a un servidor central de monitorización ubicado en la sede 1, gestionado por el departamento de IT, que procesa todas las alertas de cada uno de los sistemas de la compañía cliente. En esa consola central hay definidas una serie plantillas con mensajes de alerta, y ante la llegada del trap correspondiente, esos mensajes serán automáticamente enviados por correo electrónico a las listas de distribución asignadas a cada tipo de alerta.

5. GESTIÓN DEL PROYECTO

Cuando una tecnología se adopta siguiendo una metodología adecuada se consigue mayor sencillez en la implementación de las soluciones basadas en ella y en la administración y mantenimiento de las mismas. Esa es la razón por la que todo proyecto tecnológico se inicia mucho antes de comenzar la implantación del diseño aceptado por el cliente.

En este capítulo se repasan las particularidades de todas las etapas que componen el ciclo de vida de un proyecto de migración a telefonía IP, desde las primeras reuniones con el cliente hasta la puesta en producción y estabilización de la solución diseñada.

5.1 Resumen del Alcance del Proyecto

El cliente pretende desplegar un sistema de telefonía global, basado en tecnología VoIP, que ofrezca cobertura de servicios telefónicos a todos los empleados actuales y futuros de la compañía.

Para ello, y a muy alto nivel, habrá que realizar las siguientes tareas:

- Obtener los datos de telefonía de los empleados de la compañía.
- Desplegar los teléfonos IP con los mismos usuarios asignados y extensiones que tenían los terminales analógicos o digitales a los que sustituyen.
- Instalación de la nueva infraestructura de telefonía en cada cluster.
- Configuración de la infraestructura de telefonía en base a los datos de telefonía facilitados.
- Formación básica del uso de la ToIP.
- Eliminar las centralitas actuales Ericsson MD-110 y todos sus módulos asociados.

5.2 Fases del Proyecto de Migración

A continuación se detallan las etapas en las que se puede estructurar este proyecto de migración de telefonía. La representación esquemática del ciclo de vida del proyecto puede observarse en la figura 35:

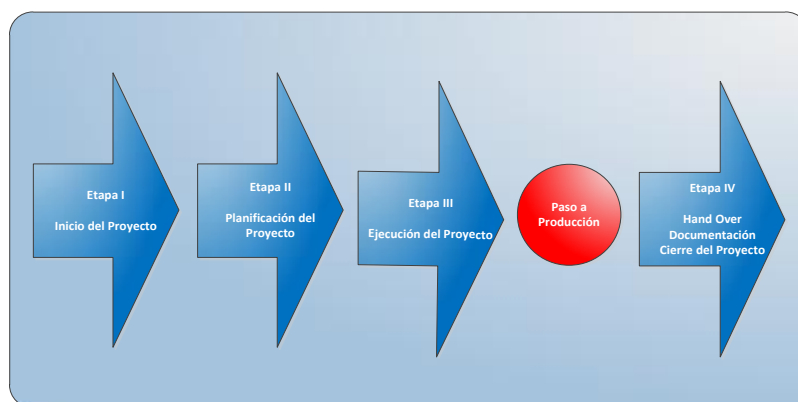


Figura 35: Etapas del proyecto de migración

5.2.1 ETAPA I. INICIO DEL PROYECTO

El objetivo en esta fase es gestionar la configuración del proyecto.

- Se forma un equipo de trabajo y se reservarán los recursos con antelación suficiente.
 - Compañía integradora de sistemas: ingenieros de telefonía, project manager y arquitecto de soluciones (ingeniero preventa). Además se hará uso de técnicos subcontratados para algunas tareas de despliegue de la solución de larga duración.
 - Ingeniero de telefonía IP: técnico especialista en telefonía IP. Lleva a cabo la solución detallada en el diseño y realiza las pruebas de validación.
 - Project Manager: dirige la implementación del proyecto. Es el principal interfaz del cliente y se encarga del presupuesto, de la gestión de riesgos, de la gestión de los recursos y de controlar que el proyecto no exceda de los límites estipulados al comienzo del mismo. Finalmente, facturará el proyecto al cliente.
 - Arquitecto de soluciones: consultor que diseña una solución técnica óptima para las necesidades del cliente.
 - Técnico de despliegue: colabora en los despliegues en la sede del cliente, además de realizar configuraciones básicas.
 - Compañía cliente: personal de los departamentos de IT, seguridad de la información, mantenimiento y project manager.

El project manager del integrador de sistemas deberá estar localizado en las instalaciones del cliente para una gestión más ágil del proyecto y para una rápida intervención o comunicación si fuera necesario. Debe ser informado a tiempo por el ingeniero de telefonía, por el técnico de despliegue o por el cliente, de cada cambio o riesgo que surja en el transcurso de las diversas fases del proyecto, para poder intervenir en la toma de decisiones, evaluar el impacto sobre la planificación global y gestionar prioridades.

- Se analiza el caso de estudio atendiendo al escenario actual y a las necesidades que impulsan la migración del sistema de telefonía.
- Se define el alcance del proyecto y sus peculiaridades más destacadas.
- Se estudian las restricciones de seguridad que podrían afectar al desarrollo normal del proyecto.
- Se acuerda la instalación de una maqueta de la solución para tener un entorno de pruebas que permita establecer cambios en la configuración de las aplicaciones de ToIP antes de aplicarlos en un entorno de producción.
- Se establece el SLA.

- Se establecen los criterios para calificar el proyecto como exitoso:
 - Proyecto entregado a tiempo y de acuerdo a la planificación (cumpliendo el SLA)
 - Toda la documentación entregada en tiempo y forma y debidamente validada por el cliente final.
 - Equipamiento adquirido e instalado en las sedes del cliente, dejando algunos equipos y dispositivos como repuestos.
 - Pruebas de aceptación superadas satisfactoriamente.
 - El nuevo sistema de telefonía se ha estabilizado sin incidencias graves reportadas.
 - Las secretarías de Dirección están completamente satisfechas con la nueva telefonía.
 - El sistema de telefonía antiguo ha sido retirado de las oficinas del cliente.

5.2.2 ETAPA II. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Una vez definido el alcance del proyecto se llevará a cabo la recogida de especificaciones necesarias para el diseño de la solución que mejor se adapte a los requerimientos y necesidades del cliente:

- Se crea la estructura de trabajo, identificando tareas y asignándolas responsables y duraciones estimadas.
- Se genera un pedido a los proveedores con el equipamiento que es necesario adquirir para desplegar la solución de ToIP diseñada y la maqueta del sistema, teniendo en cuenta que algunos de los equipos instalados previamente a la migración, como los gateways de voz de la familia 28XX, pueden ser reutilizados para formar parte de la maqueta del sistema.
- Se identifican los principales riesgos que pueden influir en el normal desarrollo del proyecto.
- Se recoge información de la sede, de los usuarios y del sistema de telefonía actual para su posterior análisis en profundidad.
- Se determinan las fases de la migración en las que habría que involucrar a los administradores del antiguo sistema de telefonía TDM para entender completamente su configuración actual.

5.2.2.1 ANÁLISIS DE RIESGOS

Es importante evitar riesgos en los proyectos de VoIP mediante su identificación temprana. Algunos de los riesgos más comunes son:

- Problemas con la calidad de la voz
- Problemas de seguridad
- Cableado o infraestructuras de la red de datos que no soportan la nueva tecnología
- Picos de tráfico
- Retraso en la entrega del equipamiento por parte del proveedor
- Retraso en el provisionamiento de los E1 por parte del operador de telecomunicaciones

La mayoría de ellos puede evitarse realizando previamente un análisis del estado de la red (*Network Assessment*), cuyo resultado sirve para planificar adecuadamente el proyecto. Siempre que corresponda, se deben incluir las tareas precisas y el presupuesto necesario para mejorar la infraestructura y permitir que soporte a la nueva tecnología.

5.2.2.2 RECOGIDA DE INFORMACIÓN

En este punto del proyecto se abre un proceso de investigación de la organización de la compañía cliente y de la documentación e infraestructura de su sistema actual de telefonía y comunicaciones.

El objetivo de la investigación es conocer el impacto que pueden tener diferentes aspectos en el negocio y, mediante la toma de decisiones técnicas adecuadas, asegurar que la infraestructura técnica soportará los nuevos objetivos planteados por el cliente. Se obtendrá una información de gran utilidad que se tendrá en cuenta para calcular las capacidades del nuevo sistema de telefonía, conocer sus características diferenciales y toda la información necesaria para realizar un diseño apropiado de la solución.

Se analizan tanto aspectos técnicos como de información de la sede:

- Inspección del lugar (*Site Survey*), que permitirá:
 - Recoger observaciones, disconformidades, recomendaciones y responsabilidades, con el objetivo de adecuar el entorno del cliente para la instalación de la infraestructura que se detallará en el diseño. Debe estar todo dispuesto para la instalación física de los equipos de telefonía, incluyendo el espacio en el armario de comunicaciones donde se ubicarán, el cableado necesario y la disponibilidad de suficientes fuentes de alimentación.
 - Llevar a cabo una primera validación de los teléfonos, líneas de fax, líneas de módem para control remoto de maquinaria, líneas analógicas de los ascensores y líneas analógicas en general. También un chequeo de las salas donde se ubican los trabajadores, incluyendo los puertos de red y los puntos de alimentación a los que se conectan los equipos. Hay que asumir que parte de esta información podría cambiar hasta el último momento.
 - Localizar las salas de conferencias y las impresoras multifuncionales.
- Política de administración de sistemas y soporte a los empleados que se está dando actualmente
- Gestión del tráfico de voz y datos actual
- Métodos de trabajo de los empleados
- Gestión de repositorios de información y copias de seguridad
- Listado de contactos de cada sede
- Mapas de las sedes y políticas de seguridad (control de permisos y horarios de acceso)
- Lugar de trabajo del equipo de IT
- Mantenimiento del equipamiento
- Recogida de datos de telefonía

La compañía cliente debe proporcionar los datos de los empleados y terminales, y su ubicación definitiva tras la implantación del nuevo sistema, incluidas las sedes 6 y 7, de reciente desarrollo. También debe proporcionar la información relativa a los sistemas que aún funcionan mediante líneas analógicas. Se deberá tener en cuenta:

- Cambios de ubicación de empleados, ya sean cambios de sede o de edificio dentro de una misma delegación.
- Altas y bajas de trabajadores.
- En la medida de lo posible, y si su rol en la empresa lo permite, se asignará terminal y extensión nueva a aquellos empleados que compartían extensión en la actualidad.
- Información de los rangos de DDI disponibles para asignar extensiones.
- Información de los grupos de salto y de captura, que podrán ser heredados del anterior sistema de telefonía o nuevas solicitudes.
- Información de los números de marcación abreviada de uso común.
- Información de las parejas de managers y asistentes.
- Permisos de llamada de cada usuario.
- Ficheros de MoH.

Se debe proporcionar para cada empleado la siguiente información:

- Identificador de usuario.
- Nombre completo.
- Rol que desempeña y, si se da el caso, indicar si es manager o asistente.
- Extensión corta y DDI asignado.
- Localización del trabajador.
- Toma de alimentación de su puesto de trabajo.
- Toma de red de su puesto de trabajo.
- Modelo de teléfono IP.
- Idioma, para la correcta configuración de su teléfono.

- Recogida de datos de direccionamiento

El departamento IT de la compañía cliente debe proveer alguna información de direccionamiento a la compañía integradora de sistemas:

- Direccionamiento de la subred de voz en cada sede y la dirección IP fija asignada a cada dispositivo: hosts UCS, servidores de telefonía, gateways de voz,...
- Direccionamiento de la subred a la que pertenecerán los teléfonos IP en cada sede.
- Direccionamiento de los servidores NTP (*Network Time Protocol*), fundamentales para mantener el sincronismo entre los servidores de los diferentes clusters de telefonía.

En general, todo cambio previsto que afecte al negocio debe ser tenido en cuenta para la elaboración del diseño de la solución.

5.2.3 ETAPA III. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El propósito de esta fase es implementar la solución de telefonía según el diseño acordado, implantarla con el menor perjuicio posible en el negocio del cliente y, finalmente, probarla para asegurar que todo el conjunto funciona adecuadamente.

Por lo general, durante el desarrollo de un proyecto de VoIP será necesaria la actuación de distintos departamentos y grupos de trabajo, entre ellos los departamentos IT, Facilities y Seguridad de la información del cliente, ingenieros del operador de telecomunicaciones y personal de la empresa integradora de sistemas.

El impacto sobre cada uno de ellos debe estar claro desde el principio para no incurrir en demoras en la entrega del proyecto.

5.2.3.1 ASUNCIONES DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

- El cliente acepta que los ingenieros del integrador desarrollarán sus tareas tanto en las oficinas del cliente como en las oficinas y laboratorios del propio integrador.
- El horario estándar definido en BH (*Business Hours*) comprende un máximo de 8 horas, de 9:00 a 18:00 h, de lunes a viernes, incluyendo 1 h para comer y excluyendo días festivos. El resto de tramos horarios forman el conjunto de NBH (*Non Business Hours*).
- Cualquier trabajo desarrollado en NBH a petición del cliente será facturado.
- La planificación está basada en la información proporcionada por el cliente al respecto de los empleados y terminales distribuidos por las sedes, y en el provisionamiento de los nuevos enlaces primarios y sus DDI asociados por parte de la compañía proveedora de servicios de telecomunicaciones.
Esta información debe ser completa y exacta y no se realizarán trabajos adicionales por parte del integrador de sistemas para completarla.
- La documentación solicitada por la compañía integradora de sistemas debe ser entregada por el cliente en un máximo de cinco días desde su solicitud.
- El operador de telecomunicaciones debe atender los requerimientos de la empresa integradora de sistemas al respecto del tratamiento del tráfico en la WAN, siempre que la solicitud se produzca al menos cinco días laborales antes de la migración de los usuarios a la plataforma de ToIP.
- Cualquier retraso en las fechas reservadas para la instalación debe ser avisado con tiempo suficiente a la empresa integradora de sistemas.
- Todos los puestos de trabajo disponen de alimentación PoE, por lo que los teléfonos IP se alimentarán únicamente mediante su conexión a la red Ethernet.
- La sala de Formación debe estar provista de tomas de red, PCs y teléfonos IP.

- La infraestructura del antiguo sistema de telefonía será eliminada, pero no así los cables que circulen por falsos techos o bajo el suelo técnico.

5.2.3.2 ACCIONES PREVIAS

Existe una serie de trabajos previos al despliegue de la solución de telefonía diseñada en la que intervienen diversos actores:

- Operador de telecomunicaciones
 - Provisionar los nuevos enlaces RDSI PRI E1 que se conectarán a los gateway de voz de la sede que corresponda.
La fecha acordada entre cliente y operador de telecomunicaciones para la provisión de los enlaces primarios constituye un punto de bloqueo de la fase de implantación del proyecto. El objetivo es que los trabajos del integrador de sistemas en cada sede finalicen al mismo tiempo que se establezcan los enlaces E1, o inmediatamente después de esa fecha.
- Departamento IT del cliente
 - Instalación de las aplicaciones de agente y supervisor y de la herramienta de informes históricos en los PC de los agentes y supervisores del contact center. Así mismo, es necesario configurar sus propiedades de conexión con el servidor UCCX.
 - Instalación de la herramienta Manager-Assistant en los PC de los asistentes que controlarán las llamadas de sus jefes.

5.2.3.3 CONFIGURACIÓN EN STAGING

Para comenzar con la ejecución del proyecto se debe recibir de los proveedores el equipamiento solicitado en la fase de planificación, almacenarlo y ponerlo a punto en el laboratorio de la empresa integradora.

El objetivo de este período es probar el correcto funcionamiento del hardware y aplicar una configuración al software adecuada al diseño determinado y aprobado por el cliente, antes del traslado del equipamiento a su destino final en las oficinas del cliente.

Las acciones que debe desarrollar la empresa integradora de sistemas se describen a continuación:

- Configuración de los nuevos gateways de voz.
Llevarán tarjetas hardware insertadas en su chasis para la conexión de los nuevos enlaces RDSI PRI E1 provisionados por el operador de telecomunicaciones y de los antiguos enlaces E1 que estaban ligados a las PBX. Estos equipos deben incluir suficientes DSPs en su placa base como para permitir la operación de todos los enlaces primarios conectados y ofrecer además recursos de medios adicionales: conferencias, transcodificación o puntos de terminación de tráfico.
Así pues, la configuración debe incluir la integración con el cluster de CUCM y la gestión de los DSP.
- Configuración de los Gateway analógicos, incluyendo la integración con el cluster de CUCM.

- Configuración de los equipos que compondrán la maqueta del sistema de telefonía, que se usará para probar futuras actualizaciones del sistema o para aplicar cambios de configuración y probar su funcionamiento sin que tengan efecto sobre el sistema en producción, y sin que afecten al trabajo diario de los empleados de la compañía.
- Configuración de los hosts UCS y de las máquinas virtuales de los servidores de telefonía correspondientes a cada cluster, en base a los datos de telefonía facilitados por el cliente. Se incluye la carga de licencias de cada aplicación.

A tener en cuenta:

- La carga de usuarios y terminales se realizará mediante una importación masiva gracias a un documento preparado previamente a tal efecto con toda la información necesaria.
- El firmware de los teléfonos IP y ATA actualmente desplegados en la compañía debe ser instalado en el nuevo cluster de CUCM para que puedan funcionar correctamente en el nuevo sistema.
- Hay que configurar los agentes, habilidades, colas, programaciones y aplicaciones del contact center, y grabar las locuciones que escucharán los usuarios llamantes cuando contacten con la operadora automática, con el departamento IT o con RR.HH.

5.2.3.4 IMPLANTACIÓN Y DESPLIEGUE

Cuando ya está la mayor parte de la solución configurada en el laboratorio es el momento de planificar la instalación de la infraestructura en las diferentes sedes del cliente.

En esa fase intervienen de nuevo diferentes departamentos que desarrollarán estas tareas:

- Departamento IT del cliente

- En las delegaciones que actualmente no cuentan con telefonía IP, se debe configurar la opción ciento cincuenta de los servidores DHCP, indicando para las subredes internas de los teléfonos de cada sede las direcciones IP de los servidores CUCM subscriber, que también actúan como servidores TFTP.
- Configuración del par de switches a los que se conectará la infraestructura de telefonía y de los switches de planta a los que se conectarán los teléfonos IP.
- Configuración de los firewall de cada sede para que permitan la comunicación de los servidores publisher de los diferentes cluster con los servidores NTP, las comunicaciones intracluster e intercluster de los servidores, así como el registro de terminales en los servidores CUCM y la administración remota de toda la infraestructura por parte de los ingenieros de la empresa integradora de sistemas y, al cierre del proyecto, por parte del departamento IT.
- Configuración de los encriptadores que conectan cada sede con la WAN y, por lo tanto, configuración de la encriptación de la WAN.

- Configuración de QoS en los equipos de red de cada sede.
- Departamento Facilities del cliente
 - Cablear los nuevos enlaces E1 provisionados en las oficinas del cliente para que lleguen a los rack adecuados, donde estarán los gateway de voz a los que irán conectados.
- Empresa integradora de sistemas
 - Instalación de un servidor SFTP en la DMZ de telefonía, accesible desde cada servidor de la plataforma de ToIP. Se usará para cargar el *firmware* y los archivos locales en cada uno de los servidores CUCM.
 - Despliegue de la maqueta del sistema de telefonía.
 - Instalación en cada sede de la infraestructura de telefonía correspondiente a cada cluster: hosts UCS, gateways de voz y gateway analógico.
Los equipos deben ser entregados en cada sede, instalados en su ubicación definitiva, conectados a la red y encendidos.
 - Conexión de los nuevos enlaces primarios E1 provisionados por el operador de telecomunicaciones a los gateways de voz.
 - Despliegue global de teléfonos IP por las mesas de los trabajadores de cada sede que cuentan con terminales digitales o analógicos activos. Así pues, la mayoría de trabajadores dispondrá en este momento de dos terminales en su escritorio.

Se debe conectar el teléfono IP a la toma de red de datos y, posteriormente, conectar el ordenador al teléfono IP.

Cada empleado mantendrá al concluir la migración la misma extensión que ya tenían en los terminales digitales o analógicos pero, aunque su teléfono pueda auto registrarse en el servidor CUCM mediante la configuración aplicada en la fase de staging, la extensión asignada inicialmente no permitirá el envío y recepción de llamadas hasta que el usuario intervenga en la fase piloto o hasta la migración final.

Se generará un informe de la evolución del despliegue de los terminales, recogiendo información como la identificación de los terminales, la cantidad de teléfonos desplegados, el porcentaje del total, su distribución por plantas y edificios, su distribución por perfiles de usuario, las incidencias durante el despliegue, las fechas previstas para el despliegue del resto, etc.

- Preparación de un archivo, en base a la información recogida durante el despliegue global de los teléfonos IP, para la asignación masiva de terminales a los usuarios.

5.2.3.5 FORMACIÓN

La mayor parte de los usuarios de telefonía de la compañía no han usado la telefonía IP anteriormente. Para evitar el colapso del Help Desk de IT atendiendo dudas e incidencias de los empleados durante los primeros días tras la migración, se plantean diferentes métodos para la aceptación paulatina de la tecnología por parte de los usuarios finales.

Algunas de las acciones que se llevarán a cabo por los diferentes departamentos serán:

- Departamento IT del cliente
 - Publicación por diferentes medios de las guías de uso de los terminales IP y envío de comunicaciones internas a los usuarios, desde semanas antes de la migración, explicando las características principales de la telefonía IP e incluyendo recomendaciones para sacar el máximo rendimiento al cambio de telefonía convencional por tecnología VoIP.
- Empresa integradora de sistemas
 - Generación de guías de uso de los diferentes terminales IP y de folletos con el uso de las funcionalidades básicas de los teléfonos IP, que se colocarán junto a los terminales desplegados, para que los usuarios se vayan familiarizando con sus nuevos teléfonos.
 - Formaciones presenciales del uso de los terminales IP destinadas a los usuarios VIP.
 - Formaciones presenciales del uso de los terminales IP destinadas a otros usuarios que ejercerán como formadores de sus compañeros. Incluirán el acceso al buzón de voz y la gestión de los mensajes, las formas de realizar una llamada, los grupos de salto y de captura, las teclas de marcación rápida, los desvíos, las conferencias, Extension Mobility, la personalización del teléfono, etc.
 - Formaciones presenciales a los asistentes, focalizadas en el uso del teléfono IP para gestionar las llamadas de sus jefes y en la herramienta Manager-Assistant.
 - Formaciones presenciales a los agentes y supervisores del contact center, focalizadas en el uso de los clientes software y además, en el caso de los supervisores, en el uso de la herramienta de generación de informes históricos de llamadas y en la interpretación de algunos de los informes más habituales.
 - Formación presencial al departamento de IT del cliente, dedicada a la administración de la plataforma y a resolución básica de problemas comunes.

5.2.3.6 PILOTO DE LA MIGRACIÓN

El cliente debe tener la certeza de que nada fallará en la implementación de la nueva solución de telefonía IP. Por ello, cuando todo el equipamiento está configurado e instalado en las oficinas del cliente, se abre un plazo para chequear el correcto desempeño de la mayoría de funcionalidades de la solución, causando la menor molestia posible al desarrollo del negocio del cliente.

Esta fase del proyecto tiene un doble objetivo, por un lado la detección precoz de posibles fallos o situaciones anómalas no tenidas en cuenta en la fase de planificación, al realizar el diseño de la solución, y por otro lado, afrontar con mayor seguridad la migración final.

El piloto se desarrollará en dos fases:

- Fase I: Duración 2 semanas. Intervienen las sedes 1, 2, 6 y 7. Se escogen usuarios representativos de cada sede y distribuidos por los diferentes edificios de la delegación. Se toman 30 usuarios de las sedes 1 y 2 y solamente 3 usuarios de las sedes 6 y 7.
 - Sedes 1 y 2 (sedes activas en la actualidad): sólo se probarán teléfonos de nueva instalación, pertenecientes a la nueva VLAN de teléfonos IP, es decir, usuarios que no tuvieran telefonía IP activa previamente.
En esta fase coexistirán el sistema de telefonía híbrido y el nuevo sistema global VoIP en los puestos que ya disponen de un terminal analógico o digital.
 - Sedes 6 y 7 (sedes de reciente construcción): únicamente habrá sistema global VoIP.
 - En la sede 1 están todos los servidores publisher de los cluster CM1, VM1 y CCX1.
 - En la sede 2 están los cluster CM2, CM3 y VM2 completos.
 - Se trabajará con nuevos E1s, de los provisionados en las sedes del piloto, para no resentir la capacidad de la telefonía en estas sedes.
 - Acciones en NBH:
 - ✓ Pruebas de validación del piloto Fase I. Se contará con la colaboración de los vigilantes de cada sede involucrada en el piloto. No deben faltar los siguientes chequeos:
 - › Llamadas intracluster e intercluster (a través del cluster CM3)
 - › Llamadas externas (entrantes y salientes)
 - › Pruebas de mensajería
 - › Pruebas de CCX
 - › Pruebas de redundancia
 - Para progresar en la implantación, deben superarse las pruebas de validación, y no debe aparecer ninguna incidencia grave bloqueante durante esta fase del piloto.
- Fase II: Duración 1 semana. Intervienen las sedes anteriores y se añade la sede C que es una sede con telefonía IP activa en la actualidad. Se escogen un par de usuarios de esta sede para el piloto.
 - Sede C: reutiliza los puertos de red de sus teléfonos IP, pero para los teléfonos del piloto, mediante el cambio de la opción ciento cincuenta en el servidor DHCP, deben seleccionarse como servidores TFTP los servidores CUCM subscriber de la nueva plataforma de telefonía.
 - Acciones en NBH:

- ✓ Reinicio del par de terminales IP de la sede C para que carguen la nueva configuración del cluster CM1.
- ✓ Pruebas de validación del piloto Fase II. Nuevamente se contará con la colaboración de los vigilantes de cada sede involucrada en el piloto.
- Para progresar en la implantación, deben superarse satisfactoriamente los mismos test que en la fase I del piloto, pero involucrando especialmente a la sede C, y tampoco debe aparecer ninguna incidencia grave bloqueante durante esta fase del piloto.

Como en otras fases del proyecto, el departamento IT del cliente debe involucrarse haciéndose cargo de algunas tareas:

- Comunicación del impacto del piloto a los usuarios, así como de las fechas previstas para su ejecución: al menos 2 semanas antes.
- Configuraciones en los sistemas del cliente, como controladores de dominio o servidores de correo electrónico, necesarias para el desarrollo del piloto.
- Configuración de la opción ciento cincuenta del servidor DHCP de la sede C, para que los teléfonos IP que intervengan en el piloto tomen como servidores TFTP a los servidores subscriber del nuevo cluster CM1.

5.2.3.7 MIGRACIÓN

Cuando se han resuelto las incidencias que pudieran darse durante la fase piloto y el nuevo sistema de telefonía se ha consolidado para la cantidad de usuarios que hicieron uso de ella en la fase piloto, se puede considerar que el sistema está preparado para ser adoptado por el conjunto de empleados de la compañía cliente.

La migración debe efectuarse estructuradamente, atendiendo a una planificación previa, durante una ventana de mantenimiento en horario no laboral, para que resulte lo más transparente posible para la actividad diaria de la compañía.

Un par de semanas antes de la migración, el cliente deberá comunicar a todos los usuarios la fecha del cambio del sistema de telefonía, e informar del impacto sobre las comunicaciones durante el proceso.

Es mejor migrar sede a sede, y dentro de cada sede, edificio a edificio, aunque podrían migrarse varias sedes a la vez. Así, se podrán tramitar inmediatamente las incidencias que surjan o que se detecten en un momento dado, evitando que afecten a otras partes de la migración y reduciendo el tiempo dedicado a la resolución tardía del problema.

Debido a la magnitud de usuarios con los que se cuenta y a la cantidad de sedes implicadas, se efectuará la migración a lo largo de todo un fin de semana, contando con diferentes departamentos:

- Departamento Facilities del cliente

- Parcheo entre los puertos de red RJ11 a las que se conectan los dispositivos analógicos y el gateway analógico VG310.
Existe un grupo de terminales analógicos conectados a sistemas de alarma, sonora o visible mediante iluminación, que no podrán ser sustituidos por terminales IP sino que se conectarán a un puerto del VG310.
Del mismo modo, también existe un reducido grupo de terminales analógicos que no se sustituirán por terminales IP debido a restricciones de seguridad.
- Departamento IT del cliente
 - Desconexión de los servidores de telefonía y gateways de voz que componen la infraestructura de la antigua solución de telefonía.
 - Modificación de la opción ciento cincuenta de los servidores DHCP que dan servicio a las sedes con subredes que ya incluían teléfonos IP de Cisco (sedes 1, 2, 3, B y D). Así, esos terminales IP descargarán su configuración del nuevo cluster de telefonía IP y no del antiguo cluster de telefonía IP.
- Empresa integradora de sistemas
 - Reinicio gradual de los teléfonos IP que estaban registrados en el antiguo cluster de CUCM. Se hace de ese modo para evitar inundación en la red de datos, provocada por los intentos de registro de los terminales en el cluster CM1.

Para acelerar el proceso de migración y evitar errores de transcripción de datos, ocasionados al copiar en el CUCM las direcciones MAC de los teléfonos IP, se usará la función de auto registro de los terminales.
Mediante el archivo de asignación masiva de terminales a usuarios que se preparó tras el despliegue global de teléfonos, y con la ayuda de la funcionalidad BAT, se asignará de forma masiva un usuario a cada extensión auto registrada en el cluster de telefonía. Ese usuario contendrá toda su información asociada, facilitada por el cliente en la fase de planificación del proyecto.

Los usuarios VIPS usarán la función TAPS del cluster CCX1 parar registrarse, estando preparados para funcionar desde el primer momento.
 - Desconexión de los enlaces primarios E1 que están conectados a los antiguos gateways de voz Cisco. Actualmente estos enlaces están en servicio en la PBX. Posteriormente, conexión de los E1 a los nuevos gateways de voz correspondientes.
En algunas sedes se contará con apoyo por parte del personal del departamento IT del cliente.

5.2.3.8 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN Y MARCHA ATRÁS

Con el objetivo de conseguir la validación final del cliente, un ingeniero de la compañía integradora deberá pasar un test completo a la plataforma VoIP desplegada, en presencia del propio cliente. El objetivo es verificar el correcto cumplimiento de los requisitos demandados inicialmente por el cliente.

Una vez más se contará con la colaboración de los vigilantes de cada sede para poder realizar pruebas de llamadas y comprobaciones in situ.

El cliente final firmará la aceptación del proyecto cuando se resuelvan todos los puntos que hayan podido fallar en el transcurso de estas pruebas.

Entre los chequeos que se realizarán destacan los siguientes:

- Los teléfonos están completamente operativos.
- Comprobación del registro de terminales en los nuevos servidores.
- Direccionamiento correcto en los teléfonos IP y selección correcta de los servidores DHCP y TFTP.
- Selección correcta de la redundancia de servidores CUCM en los teléfonos IP.
- Versión de firmware correcta de los teléfonos IP.
- Funciona el botón de acceso a la mensajería de voz en los teléfonos IP.
- Acceso a los buzones de voz desde números externos a la compañía.
- Se ilumina el led de aviso cuando se reciben mensajes de voz, y se apaga cuando se escuchan.
- Comprobación de que el VG310 proporciona la suficiente potencia para que los terminales analógicos de alarma activen los dispositivos externos de sonido o iluminación.
- Los enlaces E1 cursan llamadas entrantes y salientes sin problema.

Por último, sería necesario efectuar una batería completa de llamadas entre sedes, en las que se analice el comportamiento de cada tipo de llamada atendiendo a los permisos de llamada, a la identificación de llamante y llamado, a la calidad de la voz, etc. Además se comprobarían los accesos a las distintas aplicaciones del contact center (operadora automática, Help Desk IT y RR.HH), los grupos de salto, la aplicación Manager-Assistant, las llamadas en conferencia, la MoH, etc.

En caso de que algo vaya mal o no se superen las pruebas de aceptación se debe aplicar el procedimiento de vuelta atrás (*roll-back*).

Las principales acciones a realizar en la aplicación de este procedimiento serían:

- Apagado de los nuevos servidores de telefonía y encendido de los antiguos.
- Vuelta a la configuración anterior en los servidores DHCP, de modo que la subred de telefonía de las sedes, que ya disponían previamente de telefonía IP, vuelve a buscar sus servidores TFTP entre los antiguos CUCM.
- Reinicio gradual de los teléfonos IP desplegados.
- Encendido de los antiguos gateways de voz y conexión de los E1 en ellos.

5.2.4 ETAPA IV. HAND OVER, DOCUMENTACIÓN, RECICLAJE Y CIERRE DEL PROYECTO

Si no ha habido necesidad de aplicar marcha atrás en la migración durante el fin de semana y la ejecución del proyecto se ha dado por concluida, el sistema pasa automáticamente a ser considerado un sistema en entorno productivo.

Ingenieros de la empresa integradora de sistemas que ha implantado la solución prestarán soporte in situ en las oficinas del cliente el primer día laboral tras la migración, cuando la solución se enfrenta a un escenario real de producción por primera vez (*Go Live*). Es un soporte pensado para monitorizar la infraestructura y ayudar a los usuarios con el manejo de la nueva telefonía, así como para apoyar a los agentes del Help Desk de IT, y al personal de IT en general, en la resolución de las primeras incidencias. De ese modo, en caso de que alguna incidencia grave surgiera se podría comenzar a trabajar en su resolución sin demora.

El propósito de la fase de transición es realizar el traspaso del proyecto (*hand over*) al equipo de soporte que se encargará de administrar la plataforma y, finalmente, dar por concluido el proyecto. En este caso, la solución será gestionada por el departamento IT del cliente, que atenderá la resolución de incidencias mediante su servicio de Help Desk.

En el período de transición y estabilización de la plataforma, y durante un máximo de un mes, todas las incidencias graves que puedan aparecer serán remitidas a la compañía que ha implantado la nueva telefonía, y deberán atenderlas en base al SLA acordado con el cliente. De cualquier forma, durante este período la compañía integradora actuará como respaldo al departamento IT del cliente en cuanto al soporte a incidencias, cambios de configuración, etc.

Normalmente, transcurrido este período se puede considerar la plataforma estabilizada, pues no debería haber más incidencias que antes de desplegar VoIP. Siendo así, se puede proceder a la retirada de las PBX Ericsson MD110 de las sedes 1, 2, 4 y 5, de los paneles con sus módulos asociados (LIMs), de los antiguos gateways de voz Cisco que no se han reutilizado para la maqueta ni se han almacenado como repuesto, y de todos los terminales analógicos y digitales que han quedado en desuso. La recogida se realizará en horario laboral y el material se recogerá y almacenará.

Una empresa de reciclaje se encargará de llevarse el material que no se pueda aprovechar y certificará la aplicación del procedimiento de destrucción de material electrónico y de su adecuado tratamiento ambiental.

Antes del cierre del proyecto hay que hacer entrega de la documentación final al cliente, que deberá archivarla para referencia futura. Entre los documentos más importantes a entregar destacan los siguientes:

- Diseño Físico y Lógico de la solución
- HLD (*High Level Design*)
- LLD (*Low Level Design*)
- Informe de arquitectura
- Informe de configuraciones del hardware y del software
- Material de formación
- Pruebas de aceptación
- Manuales operativos de la plataforma

En el momento en el que se firma el acta del cierre del proyecto, el equipo de la empresa integradora de sistemas dedicado a la migración se disuelve.

5.2.5 PLANIFICACIÓN TEMPORAL

El documento de planificación del proyecto de migración es el documento clave con el que se trabajará a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

En este documento se expresará gráficamente el desglose de tareas que componen cada fase del proyecto y las dependencias entre ellas, identificando fácilmente los puntos de bloqueo y los hitos conseguidos. Subestimar las dependencias puede derivar en una incapacidad para cumplir con la fecha de entrega.

Normalmente se discute y valida el contenido del documento entre la compañía cliente y la compañía integradora de sistemas, representadas ambas por sus coordinadores del proyecto.

Esta validación supone un acuerdo firme por ambas partes, por el que se comprometen a reservar los recursos necesarios concertados para lograr cumplir con la planificación. Cualquier modificación debe ser acordada entre ambas compañías porque podría afectar al coste y a la carga de trabajo del proyecto.

En la figura 36 se puede apreciar el desglose de cada etapa del ciclo de vida de la migración en tareas, así como la dedicación de cada perfil en desempeñarlas:

ETAPA I. INICIO DEL PROYECTO	Cliente (h)	1x Ingeniero(h)	1x PM (h)	1x Subcontrata (h)	1x SA (h)	Horas integrador total(h)
Formación equipos de trabajo: ingenieros, PM (onsite) y SA					8	8
Caso de estudio: escenario y necesidades					24	24
Análisis restricciones seguridad, SoW (documento), KOM			2			2
	0		2		32	34

ETAPA II. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	Cliente (h)	1x Ingeniero(h)	1x PM (h)	1x Subcontrata (h)	1x SA (h)	Horas integrador total(h)
Crear estructura trabajo (task-owner-duration)			8			8
Pedido equipamiento al proveedor					8	8
Risk management (Network Assessment)	24					0
Site Survey	16					0
Recogida datos telefonía	40					0
Diseño Solución (documento)					40	40
	80		8		48	56

ETAPA III. EJECUCIÓN DEL PROYECTO	Cliente (h)	1x Ingeniero(h)	1x PM(h)	1x Subcontrata (h)	1x SA (h)	Horas integrador total(h)
Acciones Previas	144					144
Provisión E1	120					
Instalar CAD, CSD, Historical Reports, Manager-Assistant	24					
Staging		132				132
Implantación y despliegue	28	34		1167		1229
Formación	1	27				28
Piloto	4.5	8				12.5
Aviso celebración del piloto a los usuarios participantes (2 semanas antes)	0.5					
Fase I (2 semanas)						
Configuraciones en sistemas del cliente (AD, Exchange, ...)	4					
Acceptance Test Piloto Fase I (NBH)		4				
Fase II (1 semana)						
Acceptance Test Piloto Fase II (NBH)		4				
Migración	16	21				37
Aviso a todos los usuarios de fecha migración (2 semanas antes)	0.5					
Parqueo de tomas analógicas al gateway analógico (NBH)	10.5					
Desconexión infraestructura telefónica antigua y configuración DHCP (NBH)	4					
Reinicio de los teléfonos IP activos (NBH)		2				
Carga de datos con TAPS para VIPS y con BAT para el resto de usuarios (NBH)		2				
Conexión a los gateway de voz de los E1 que estaban conectados a la PBX y a los antiguos gateway de voz Cisco (NBH)	1	1				
Pruebas de aceptación (2 ingenieros, NBH)		16				
	193.5	193 (BH) + 29 (NBH)		1167		1389

ETAPA IV. HAND OVER, DOCUMENTACIÓN, RECICLAJE y CIERRE DE PROYECTO	Cliente (h)	1x Ingeniero(h)	1x PM (h)	1x Subcontrata (h)	1x SA (h)	Horas integrador total(h)
Go Live		16				16
Transición y estabilización y entrega documentación (1 mes)		176				176
Retirada PBX, gateways de voz y terminales sede 1				57		57
Retirada PBX, gateways de voz y terminales sede 2				150		150
Retirada PBX, gateways de voz y terminales sede 4				22		22
Retirada PBX, gateways de voz y terminales sede 5				16		16
Firma cierre Proyecto			1			1
	0	192	1	245		438

Cliente Total (h)	Ingeniero total (h)	PM total (h)	Subcontrata total (h)	SA total (h)	Total Proyecto integrador (h)
273.5	385 (BH) + 29 (NBH)	11 + 38 (*)	1412	80	1917
					273.5
					2190.5
					Proyecto total (h)

(*) Las horas dedicadas por el gestor del proyecto se incrementan en un 2% del total de las horas dedicadas por el integrador.

Figura 36: Tareas del proyecto de migración. Dedicación por perfiles

- 1x Solution Architect (ingeniero preventa)
 - 3x Técnicos de despliegue (subcontrata)
- El ciclo de vida del proyecto se extiende a los largo de 39 semanas.
 - Se utilizan técnicos subcontratados para realizar las tareas que precisan de una menor cualificación técnica y que más se prolongan en el tiempo, como son los despliegues de terminales por todas las sedes y el reciclaje de la infraestructura antigua. Gracias a ello, se consigue una reducción de algunas semanas en la entrega del proyecto.
 - Las horas dedicadas por el gestor del proyecto se incrementan en un 2% del total de las horas dedicadas por el integrador.

El incremento está justificado en base a las reuniones de seguimiento semanales que exige el cliente y las firmas de actas celebradas cuando se consiguen alcanzar hitos en el proyecto. La política del cliente exige completar un documento entregable para cada una de estas reuniones.

6. PRESUPUESTO

En este capítulo se calculará el coste total que deberá asumir el cliente final en la ejecución de este proyecto de migración, y se estimará cuándo alcanza el ROI la compañía integradora de servicios, punto desde el que el proyecto se puede considerar rentable.

6.1 Presupuesto Total

Se cotizará por una parte el equipamiento adquirido, y por otra parte, el coste de los trabajos desarrollados por la compañía integradora de sistemas para migrar el antiguo sistema de telefonía híbrida a un nuevo sistema global de VoIP.

Para el cálculo del coste global del equipamiento se debe tener en cuenta la adquisición del hardware, el coste de las licencias software necesarias para poder trabajar con las aplicaciones de telefonía de Cisco y el coste anual de los servicios de mantenimiento.

Cabe destacar que mientras que los licenciamientos software de los cluster de telefonía y mensajería están basados en el número de usuarios definidos, el licenciamiento del cluster que provee conexión internacional está basado en la cantidad de llamadas concurrentes. Así, puede considerarse aproximar el número de usuarios definidos como la cantidad de terminales estimados, es decir, 10881 usuarios. Descontando los 3410 teléfonos IP ya funcionando antes de la migración, con licencia activa y mantenimiento en curso, habría que adquirir licencia y mantenimiento para 7471 usuarios. Por otra parte, como se introdujo anteriormente, será necesario adquirir unas 110 licencias del cluster CM3 para que las comunicaciones a través de este cluster fluyan perfectamente.

El precio de referencia del equipamiento es el ofrecido por Cisco en su lista global de precios, pero fruto de la condición de *gold partner* del fabricante de la que disfruta la compañía integradora, disponen de descuentos en la compra de material del 45% en hardware y licencias software y del 55% en mantenimientos. El integrador se reserva un margen del 5% sobre cada uno de los conceptos anteriores en las ventas de material a sus clientes. Así pues, para el cálculo del coste del equipamiento para el cliente final, se aplicarán descuentos del 40% en hardware y licencias software y del 50% en mantenimiento sobre el precio indicado por la lista global de precios de Cisco.

La tabla 37 detalla los costes de equipamiento, especificando cada partida de hardware, de licencias de software y de mantenimientos necesaria para la implementación del proyecto:

Equipamiento	Dispositivo	Part-Number	Unidades	Coste Unitario (\$)	Coste Total Cisco (\$)	Coste Total tras descuento (\$)
H A R D W A R E	Host UCS	UCS C220 M3S	12	5087	61044	36626,40
	Switch 3560	WS-C3560X-24P-E	14	10100	141400	84840
	Gateway voz 2921	CISCO2921/K9	15	3695	55425	33255
	Gateway Analógico VG310	VG310	7	5400	37800	22680
	Tarjetas RDSI PRI E1	VWIC3-2MFT-T1/E1	18	2200	39600	23760
		VWIC3-1MFT-T1/E1	4	1430	5720	3432
	Recursos DSP	PVDM3-64	13	3200	41600	24960
		PVDM3-32	4	1600	6400	3840
	Teléfono IP C7942	CP-7942G=	5370	455	2443350	1466010
	Teléfono IP C7962	CP-7962G=	1000	575	575000	345000
	Teléfono IP C8831	CP-8831-EU-K9=	500	1395	697500	418500
	Teléfono IP C7925	CP-7925G-A-K9	10	795	7950	4770
	Módulos expansión C7915	CP-7915=	13	490,86	6381,18	3828,71
	Soporte Módulo simple	CP-SINGLFOOTSTAND=	7	33	231	138,60
Soporte Módulo doble	CP-DOUBLFOOTSTAND=	3	38	114	68,40	
L I C E N C I A	vCenter 5.X Standard	VMW-VC5-STD-3A	1	9366	9366	5619,60
	CUCM 9.X	LIC-CUCM-9X-USR-B	7471	195	1456845	874107
	CUCM 9.X – CM3	LIC-SME-SESSION	110	50	5500	3300
	CUC 9.X	UNITYCN9-ENH-USR	7471	110	821810	493086
	CCX 9.X	L-CCX-90-EHA-L-K9	1	12500	12500	7500
		L-CCX-90-E-10SL	2	12500	25000	15000
M A N T E N I M I E N T O	Host UCS	UCS PSS 24X7X4 OS UCS C220 M3 SFF w/o	12	401,53	4818,36	2409,18
	CUCM 9.X	UCSS-U-6KUWLBE-3-1	7471	23,3	174074,30	87037,15
	CUCM 9.X – CM3	LIC-SME-5YR	110	24	2640	1320
	CUC 9.X	CON-PSBU-UNITYEHR	7471	22,40	167350,40	83675,20
	Switch 3560	CON-PSRT-3560X2PE	14	186,47	2610,58	1305,29
	Gateway voz 2921	CON-SUSA-2921	15	289	4335	2167,50
	Gateway Analógico VG310	CON-PSRT-VG310ICV CON-SUSA-VG310ICV	7	934,78	6543,46	3271,73
	Teléfono IP C7942	CON-PSRT-CP7942	5370	5,86	31468,2	15734,10
	Teléfono IP C7962	CON-PSRT-CP7962	1000	5,86	5860	2930
	Teléfono IP C8831	CON-PSRT-CP8831K9	500	32,43	16215	8107,50
	Teléfono IP C7925	CON-SNT-MCH7925G	10	11,15	111,5	55,75
	Módulos CP-7915	CON-PSRT-CP7915	13	5,86	76,18	38,09
					TOTAL	6.866.639,16 \$
				6.476.189.68 €		3.846.469,55 €

Tabla 37: Coste equipamiento

Para el cálculo del coste de los servicios profesionales de la compañía integradora de sistemas, se tendrá en cuenta la planificación temporal expuesta al final de la sección anterior, como referencia de las tareas realizadas y los tiempos dedicados a ellas por cada uno de los perfiles que intervienen a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

A continuación, la tabla 38 resume los costes de los servicios profesionales:

Etapas	Perfil							
	Horas Ingeniero Telefonía		Horas Project Manager (PM)		Horas Arquitecto de Soluciones (SA)		Horas Técnico de despliegue (subcontrata)	
	BH	NBH	BH	NBH	BH	NBH	BH	NBH
Etapas I: Inicio del Proyecto			2		32			
Etapas II: Planificación del Proyecto			8		48			
Etapas III: Ejecución del Proyecto	193	29					1167	
Etapas IV: Handover, Documentación, Reciclaje y Cierre del Proyecto	192		39				245	
Total horas (h)	385	29	49		80		1412	
Coste hora trabajo (€/h)	60	102	55		65		30	
Coste total (€)	23100	2958	2695		5200		42360	
								76313 €

Tabla 38: Coste servicios profesionales

Así pues, tras sumar las cotizaciones por equipamiento y servicios profesionales, el coste total del proyecto de migración del sistema de telefonía asciende a:

3.922.782,55 €

TRES MILLONES NOVECIENTOS VEINTIDOS MIL SETECIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS

6.2 Cálculo del ROI

En esta sección se calculará cuándo se producirá el retorno de la inversión realizada por la empresa integradora de sistemas para desarrollar este proyecto de migración de telefonía.

Es necesario tener claros los ingresos que obtendrá y los gastos en los que incurrirá la compañía integradora.

- Ingresos

- Pago del coste total del proyecto de migración por parte del cliente final

Se acuerdan entre cliente e integrador de sistemas tres períodos de pago de la factura total:

- 1er pago (25 % del total): al finalizar la Etapa II: Planificación del proyecto -> **980.695,64 €**
- 2º pago (50 % del total): al finalizar la Etapa III: Ejecución del proyecto -> **1.961.391,28 €**
- 3er pago (25 % de total): tras la firma del acta del cierre del proyecto al finalizar la Etapa IV: Hand over, documentación, reciclaje y cierre del proyecto -> **980.695,64 €**

- Pago de los mantenimientos anuales por parte del cliente final -> **196.221,31 €**

- Gastos

- Inversión inicial para adquirir del fabricante todo el equipamiento necesario (incluidos los mantenimientos del primer año). Se abona cuando se ha recibido todo el material, al comienzo de la fase de staging, dentro de la Etapa III: Ejecución del proyecto-> **3.522.660,07 €**

- Pago de los mantenimientos anuales al fabricante -> **176.599,18 €**

- Coste por empleado de la compañía integradora (C2C).

Para calcular este valor se tienen en cuenta diversos factores, como el salario base que cobra el trabajador y el bonus que tiene estipulado con su empresa, impuestos como sus cotizaciones a la seguridad social o al fondo de pensiones, y las partidas presupuestarias reservadas para sus gastos de viajes, gastos de dietas, gastos de formación o gastos de teléfono móvil anuales.

En este proyecto de migración intervienen tres perfiles diferentes: ingeniero de telefonía, project manager y arquitecto de soluciones. Su C2C para la empresa es:

- Ingeniero de telefonía (Salario base: 35000 + 3000 de bonus anual). C2C anual -> 56.214 €
- Project Manager (Salario base: 40000 + 3000 de bonus anual). C2C anual -> 63.091 €
- Arquitecto de soluciones (Salario base: 45000 + 4000 de bonus anual). C2C anual -> 69.214 €

Ese coste está calculado sobre un total de 220 días laborales (1760 h). Atendiendo a las horas invertidas por cada perfil en el proyecto, y teniendo en cuenta que las horas en NBH se pagan a 1,7 € el valor de la hora en BH, se deduce que el C2C de los perfiles indicados para este proyecto es:

- Ingeniero (385 horas en BH y 29 en NBH): Suponen 12.296,81 € (BH) y 1.574,63 € (NBH) -> **13.871,44 €**
- Project Manager (49 horas en BH) -> **1.756,51 €**
- Arquitecto de soluciones (80 horas en BH) -> **3.146,09 €**

El coste total de los empleados imputable a este proyecto es la suma de los tres anteriores -> **18.774,04 €**

- Coste de los técnicos subcontratados.

La subcontratación de los técnicos de despliegue supone para la empresa integradora de servicios un coste de 23,07 €/hora por técnico, que se debe abonar a la empresa en la que están contratadas estas personas cuando concluyan sus servicios, es decir, cuando acabe la fase de reciclaje de material obsoleto.

La cantidad de horas trabajadas por los técnicos subcontratados en este proyecto es de 1412 horas en BH -> **32.574,84 €**

Ese coste se incrementa en un 30% en la cotización al cliente final del precio/hora de estos técnicos durante el despliegue en sus oficinas.

La tabla 39 resume el coste de los empleados imputables al proyecto:

Perfil	C2C (€/año)	Horas dedicadas al proyecto	Coste imputable al proyecto (€)
Ingeniero	5.6214	385 (BH) – 29 (NBH)	13.871,44
Project Manager	6.3091	49	1.756,51
Arquitecto Soluciones	6.9214	80	3.146,09
Técnico Despliegue	-	1412	32.574,84

Tabla 39: Coste de los empleados imputable al proyecto

En la tabla 40 se recogen en detalle los ingresos y gastos del proyecto desde el punto de vista de la empresa integradora, desde el comienzo del mismo hasta su cierre. La figura 38 representa gráficamente los datos de la tabla:

	Week1	W2	W3	W4	W5	W6	...	W31
Ingresos (€)	-	-	-	-	980.695,64	-	-	1.960.949,60
Gastos (€)	18.874,04	-	-	3.522.660,07	-	-	-	-
Beneficio semanal (€) (Ingresos - gastos)	-18.874,04	-	-	-3.522.660,07	980.695,64	-	-	1.960.949,60
Beneficio acumulado (€)	-18.874,04	-18.874,04	-18.874,04	-3.541.434,11	-2.560.738,47	-2.560.738,47	-2.560.738,47	-599.788,87
	W32	...	W36	W37	W38	W39	W40	W41
Ingresos (€)	-	-	-	-	-	-	980.695,64	-
Gastos (€)	-	-	-	-	-	-	32.574,84	-
Beneficio semanal (€) (Ingresos - gastos)	-	-	-	-	-	-	948.120,80	-
Beneficio acumulado (€)	-599.788,87	-599.788,87	-599.788,87	-599.788,87	-599.788,87	-599.788,87	348.331,93	348.331,93

Tabla 40: Evolución del beneficio del proyecto durante el primer año

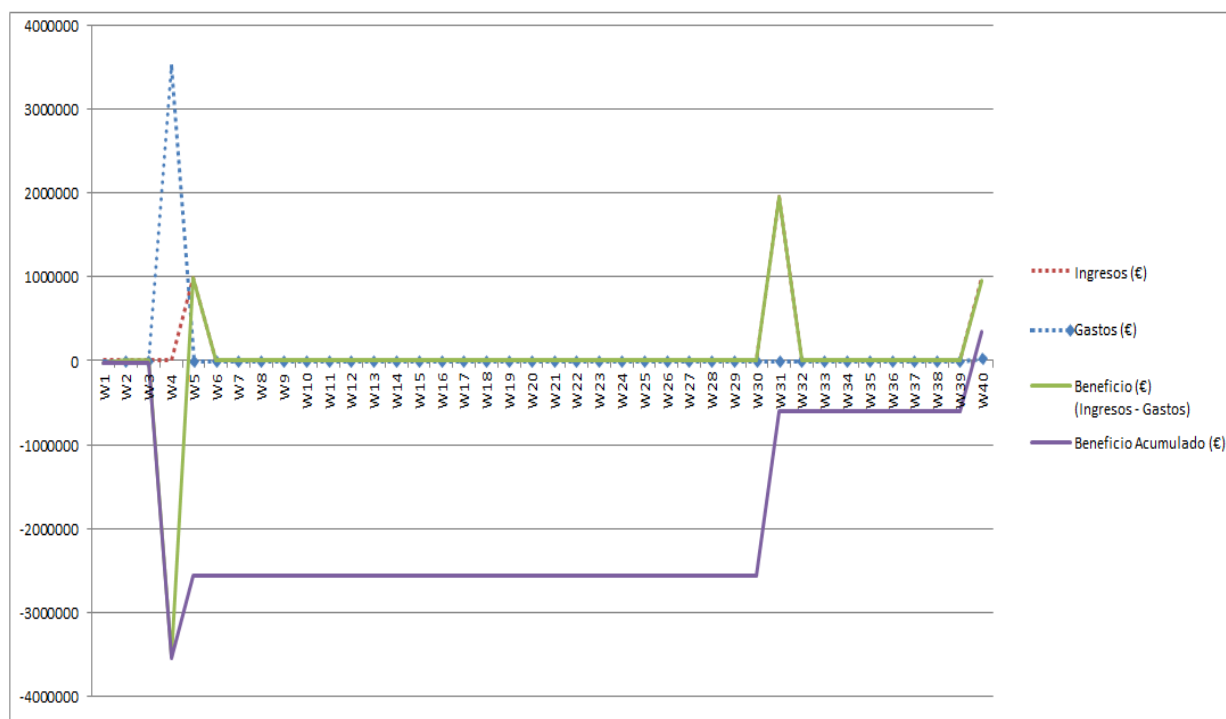


Figura 38: Evolución del beneficio acumulado el primer año

Se aprecia que tras una fuerte inversión inicial, la compañía integradora comienza a obtener un beneficio acumulado positivo por primera vez en la semana 40 (W40), cuando el cliente cumple con el último pago del coste del proyecto. Desde ese momento en adelante, el proyecto sólo dará beneficios fruto del margen fijo que obtiene el integrador en el cobro al cliente final de los mantenimientos anuales de Cisco, como puede apreciarse en la tabla 41:

	Year1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
Ingresos (€)	3.922.340,88	196.221,31	196.221,31	196.221,31	196.221,31	196.221,31	196.221,31	196.221,31	196.221,31
Gastos (€)	3.574.008,95	176.599,18	176.599,18	176.599,18	176.599,18	176.599,18	176.599,18	176.599,18	176.599,18
Beneficio anual (€) (Ingresos - gastos)	348.331,93	19.622,13	19.622,13	19.622,13	19.622,13	19.622,13	19.622,13	19.622,13	19.622,13
Beneficio acumulado (€)	348.331,93	367.954,06	387.576,19	407.198,32	426.820,45	446.442,58	466.064,71	485.686,84	505.308,97

Tabla 41: Evolución del beneficio del proyecto en años sucesivos

La representación gráfica de la tabla anterior puede observarse en la figura 39:

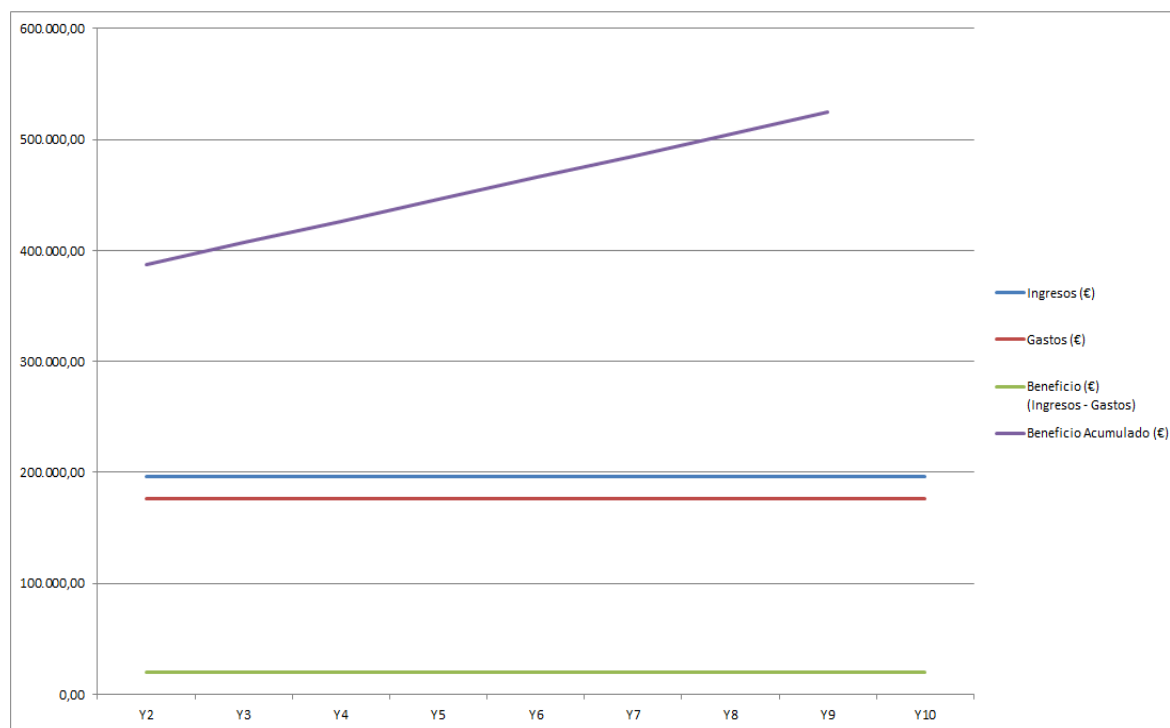


Figura 39: Evolución del beneficio acumulado en años sucesivos

Para corroborar la rentabilidad del proyecto para la empresa integradora, en la tabla 42 se recoge la evolución del beneficio neto del proyecto de migración en los próximos años.

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
Beneficio acumulado (€)	348.331,93	367.954,06	387.576,19	407.198,32	426.820,45	446.442,58	466.064,71	485.686,84
Gasto acumulado (€)	3.574.008,95	3.750.608,13	3.927.207,31	4.103.806,49	4.280.405,67	4.457.004,85	4.633.604,03	4.810.203,21
Beneficio neto (Benef acum / gasto acum) (%)	9,73	9,81	9,87	9,92	9,97	10,02	10,06	10,10
Beneficio acumulado respecto año anterior (%)	-	5,63	5,33	5,06	4,82	4,60	4,40	4,21
Gasto acumulado respecto año anterior (%)	-	4,94	4,71	4,50	4,30	4,13	3,96	3,81

Tabla 42: Datos de evolución beneficio neto

En la figura 40 se puede ver gráficamente la pequeña tendencia positiva en la evolución del valor porcentual del beneficio neto, aunque al cabo de los años tiende a estabilizarse, pues los valores porcentuales de beneficios y gastos acumulados de año en año van descendiendo y se van aproximando uno al otro:

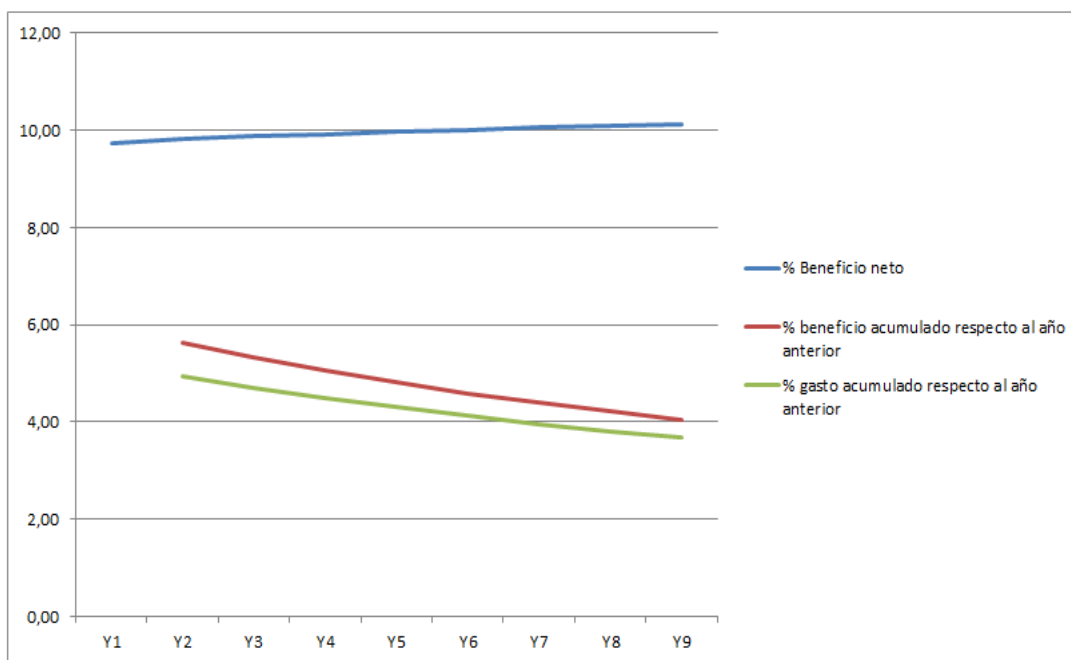


Figura 40: Evolución porcentual del beneficio neto

Para mayor detalle, consideramos únicamente los datos del porcentaje de beneficio neto anual en la figura 39:

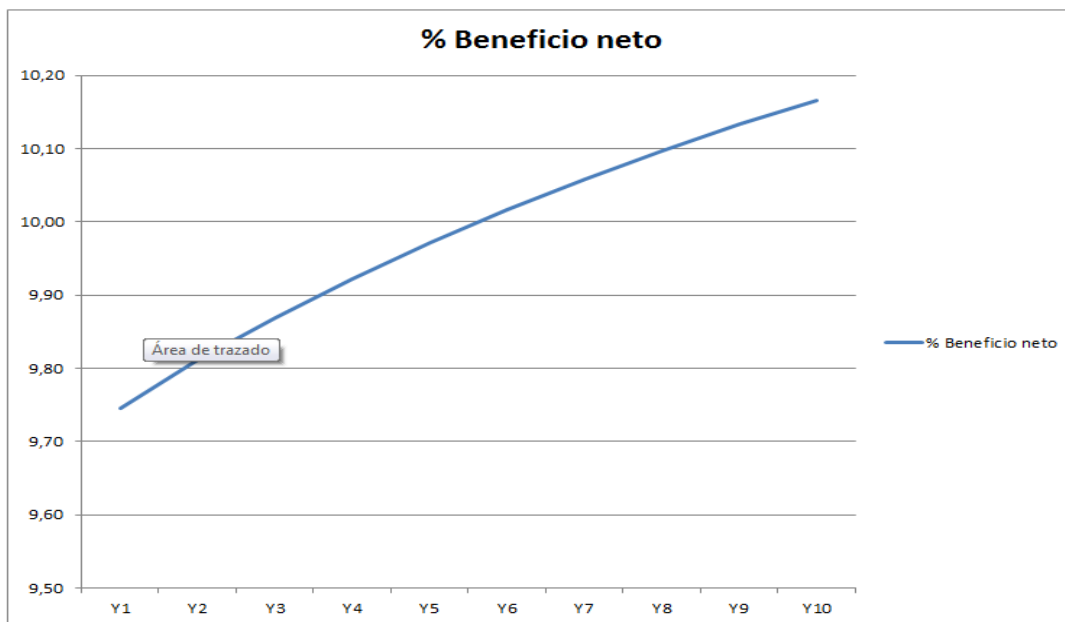


Figura 41: Evolución porcentual del beneficio neto (Detalle)

En la figura anterior se puede apreciar que aunque el beneficio aumenta año tras año, lo hace en menor medida porcentual según se incrementa la línea temporal.

7. LÍNEAS DE EVOLUCIÓN

El diseño del sistema de telefonía que se ha propuesto al cliente y su dimensionamiento están fundamentados en las grandes expectativas de crecimiento de la compañía. Por ello, se maduró una solución de telefonía IP perdurable en el tiempo, muy escalable y redundante, tomando a la VoIP como base tecnológica sobre la que construir las futuras formas de comunicación del cliente.

7.1 Comunicaciones Unificadas

La evolución lógica de la plataforma debe ser la instalación de un sistema de Comunicaciones Unificadas sobre la capa de VoIP, en el que todos los sistemas o dispositivos de comunicación de la empresa se encuentran completamente integrados. La figura 42 resume esta integración:

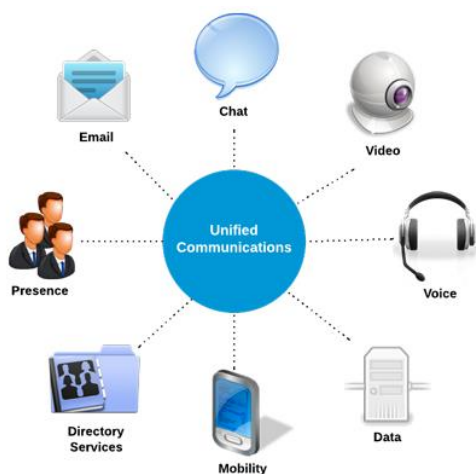


Figura 42: Esquema lógico de sistema de comunicaciones unificadas

Algunos host UCS apenas están haciendo uso de los recursos con los que cuenta, con lo que no sería muy problemático alojar nuevas aplicaciones como Presencia (*Cisco Unified Presence Server*) en los mismos servidores que ya albergan máquinas virtuales CUCM, CUC o UCCX.

La acción combinada de la gestión de presencia y la mensajería instantánea, o el uso de herramientas colaborativas serán de vital importancia para la evolución de todos los procesos productivos de la empresa y para la mejora en la eficiencia de los empleados.

Se podrán establecer conexiones de videoconferencia o Webex con otros empleados localizados en otras delegaciones de la compañía. Será posible intercambiar mensajes instantáneos con empleados de sedes internacionales, que comparten el mismo dominio de red que la compañía cliente (*peering UC*), o de otras compañías del holding de empresas o clientes externos, que tendrán diferente dominio (*federación UC*).

En este mismo contexto, forzando la interacción de la solución de comunicaciones unificadas con los procesos empresariales, mediante su integración con el CRM y el ERP de la empresa, se cerraría el círculo de gestión de la información de clientes y empleados, relacionando y compartiendo la información que fluye dentro de la empresa. Podría ser útil para entender mejor la actividad de los trabajadores de la empresa, para formar equipos virtuales de empleados trabajando unidos y plenamente conectados o para aprovechar el trabajo desarrollado por otros empleados de otras delegaciones evitando rehacerlo y mejorando así en productividad.

Por último, una estrategia que se impondrá será el fomento de la movilidad de las comunicaciones unificadas, permitiendo el acceso a ellas desde la mayor parte de dispositivos utilizados para la colaboración empresarial, entre ellos los smartphones y las tablets.

Aunque en este proyecto se ha considerado la instalación física de los equipos en las dependencias del cliente, algunas compañías están comenzando a adquirir servicios de comunicaciones unificadas en la nube, ya sea en un entorno compartido formado por nubes públicas, o en un alojamiento dedicado compuesto de nubes privadas.

7.2 Securización de la plataforma

A medida que la empresa se va expandiendo, más riesgos y peligros acechan a la plataforma de telefonía, haciendo cada vez más necesaria la securización de la telefonía IP. Sería lógico plantear la securización de todas las divisiones del holding de empresas.

Securizar la telefonía consiste en encriptar cualquier tráfico de voz o de señalización generado en cualquier servidor o terminal del sistema, y en solicitar autenticación para acceder a las aplicaciones de telefonía IP. Para que esos tráficos sean seguros, ambos extremos de la comunicación deben serlo, y también todos los dispositivos intermedios. Los elementos que pueden securizarse son:

- CUCM: debe ser migrado a modo mixto para soportar encriptación y aceptar tanto conexiones seguras como conexiones no seguras. Precisa de unos certificados del fabricante Cisco, que deben ser firmados por una autoridad certificadora del cliente.
- Terminales: las conexiones de señalización SIP o SCCP desde los terminales al servidor CUCM serán encriptadas. Igualmente, los ficheros de configuración de los terminales se encriptarán en el CUCM. Es por eso que será necesaria tanto la autenticación en la comunicación entre terminales y CUCM, como la autenticación local en los terminales, para permitir su uso. La autenticación se consigue mediante la creación de un fichero CTL (*Certificate Trust List*) en cada terminal, para lo que previamente se debe instalar y configurar un cliente CTL en un servidor Windows. Además, para securizar los terminales, previamente hay que instalar un certificado LSC (*Locally Significant Certificate*) [22]. Finalmente, las llamadas entre dispositivos seguros serán securizadas y el tráfico de voz se transportará mediante el protocolo SRTP (*Secure Real-time Transport Protocol*).

- CUC: los puertos de buzón de voz se configuran como si fueran terminales en el CUCM, por lo que la señalización SCCP será encriptada y transportada con el protocolo TLS (*Transport Layer Security*). Sin embargo, el tráfico de voz encriptado se transportará mediante el protocolo SRTP.
- Gateway de voz: estos routers de voz se gestionan desde el CUCM usando el protocolo de señalización MGCP. Además, algunos incluyen en su interior DSPs que proveen recursos de medios como recursos de conferencia, MTP o TRP usando el protocolo SCCP. Pues bien, tanto SCCP como MGCP pueden securizarse, al igual que ocurre con el tráfico de voz que pasa a través de los gateway de voz. Precisan de una licencia especial con características de encriptación. Lo mismo ocurriría para los gateway analógicos.
- Troncales SIP: los datos de voz se transportarán usando el protocolo TLS.

Para aislar las redes de las diferentes compañías se usarán TRP configurados en los gateways frontera de cada compañía, localizados en la subred de acceso internacional.

7.3 Tarificador

Atendiendo al volumen de usuarios que harán uso de la plataforma de telefonía y a los planes en curso para interconectar diferentes divisiones del cliente e incluso diferentes empresas del grupo, puede ser recomendable la instalación de alguna herramienta global de tarificación que, mediante la generación de estadísticas e informes, permita la monitorización de los enlaces de telefonía contratados y el control detallado de los costes particulares de telefonía de cada empleado, de cada departamento, de cada división de la compañía o de cada empresa del holding.

Estas soluciones suelen estar compuestas de un servidor y de un software cliente.

El servidor recoge, procesa y almacena todos los registros CDR de cada cluster de CUCM. Le llegan de forma segura en intervalos regulares de tiempo usando el protocolo TFTP.

El software cliente es la propia aplicación de tarificación, y mediante accesos a la base de datos del servidor, ofrece la posibilidad a los usuarios, desde sus propios PCs, de generar en tiempo real, o programar previamente, algunos informes de uso de la telefonía o de facturación. Algunos informes útiles serían los siguientes:

- Uso y coste de telefonía por extensión, departamento o división.
- Análisis geográfico del uso de la telefonía.
- Extensiones que no se usan.
- Velocidad de respuesta ante llamadas entrantes.
- Llamadas recibidas o emitidas por cada extensión.
- Volumen de tráfico de llamadas entrantes y salientes distribuido por tramos horarios.
- Análisis comparativo del coste de los enlaces de diferentes operadores de telefonía.
- Uso de los enlaces (picos y valles) y cálculo de la hora de máxima ocupación.
- Medida de la calidad de servicio.

- Números más marcados.

Por último podrían generarse alertas en tiempo real para avisar de malos usos de la telefonía, de procedencia interna o externa. Mediante la investigación de la llamada y el análisis de sus trazas se podría encontrar la causa del fraude y a las personas involucradas en él.

7.4 Monitorización global de la plataforma

Una evolución natural que la compañía cliente debería afrontar en la siguiente fase de actualización de su solución global de telefonía sería integrar una plataforma global de monitorización, que diera cobertura a todos y cada uno de los servidores, gateways y dispositivos que forman parte del sistema de telefonía.

Desde una misma consola se podrían monitorizar todos los clusters de CUCM, CUC y/o UCCX, y recoger información del estado de los propios servidores y de los dispositivos registrados en ellos, como gateways de voz, gateways analógicos y terminales IP, para facilitar la solución de posibles problemas y para generar informes del estado del sistema y de su uso.

También se podrían generar alertas por correo electrónico a la lista de distribución apropiada en caso de que algún umbral establecido se alcance, o en caso de fallo o pérdida de conectividad de algún componente de la plataforma.

Este sistema podría ser tratado como un único nodo formando parte de un sistema de monitorización principal que controle toda la telefonía del holding de empresas. De esa forma, todas las alertas recibidas por este nodo se escalarían al sistema de monitorización principal. Habría una gestión más adecuada de las comunicaciones afectadas, de los impactos que ocasiona una avería en una pequeña compañía en las comunicaciones generales de un grupo de empresas y de las soluciones temporales aplicadas para restablecer el estado óptimo de las comunicaciones.

8. CONCLUSIONES

La escasa flexibilidad y la escasa escalabilidad de la telefonía convencional provocan que ya no sea capaz de cubrir las nuevas exigencias del entorno empresarial. Esas mismas características hacen de VoIP una tecnología que permite ajustarse a un panorama de necesidades e innovaciones en constante transformación, que incentiva a las compañías a enfrentarse a nuevos mercados y a un coste más reducido.

La telefonía IP es sinónimo de bajo coste, bajo mantenimiento y bajo riesgo. Todas ellas son características muy llamativas en épocas de crisis, en las que los recortes de gastos son obligados. A pesar de ello, no hay por qué renunciar a nuevos beneficios y funcionalidades comunicacionales, o a innovaciones que hagan a las compañías más eficientes, competitivas y productivas en sus relaciones comerciales.

El paso de empresas desde la telefonía tradicional conmutada a la telefonía IP crece exponencialmente, pues las empresas van tomando conciencia de los beneficios, no solo económicos, que ofrece VoIP para recuperar la competitividad perdida y ganar en presencia, tanto a nivel nacional como internacional. En apoyo del crecimiento del mercado de la VoIP surgen fenómenos como el abaratamiento del ancho de banda, que permite mayor capacidad y mayor velocidad en las redes IP a un precio más ajustado, y la mayor demanda por parte de los empleados de servicios empresariales avanzados de telefonía IP y de herramientas de colaboración que faciliten y agilicen su labor.

A lo largo de este Proyecto Fin de Carrera se han explicado detalladamente todas las fases relacionadas con una migración a un sistema global de telefonía IP en un entorno multinacional.

Se han desarrollado tareas directamente ligadas a diferentes roles, como arquitecto de soluciones (análisis del caso de estudio, diseño de la solución y búsqueda del equipamiento más apropiado para ese diseño); jefe de proyecto (definición detallada de las fases del proyecto, planificación temporal de las tareas y asignaciones a los diferentes perfiles, cálculo del presupuesto y del retorno de la inversión); e ingeniero de telefonía (configuración de la plataforma y diseño de su implementación).

Entender las diferentes perspectivas que adquiere cada agente involucrado en el desarrollo de este proyecto y sus contribuciones al trabajo en equipo necesario que precisa un proyecto de estas dimensiones, ha ayudado a generar una experiencia enriquecedora para el entendimiento del ciclo de vida de un proyecto de migración de un sistema de comunicaciones a VoIP.

ANEXO I: EQUIPAMIENTO

A continuación, se introduce brevemente cada uno de los componentes usados en la solución global de telefonía IP diseñada para el cliente:

- UCSC-C220-M3S

Host UCS de 1 unidad de rack que albergará las diferentes aplicaciones de telefonía IP. Están desplegados por todas las sedes principales.

Están formados por dos CPU físicas y 8 CPU virtuales y contiene 8 discos duros y dos puertos de red Ethernet.

Para más información se puede consultar la web del fabricante Cisco:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/servers-unified-computing/ucs-c220-m3-rack-server/data_sheet_c78-700626.html



Figura 43: UCS C220 M3S

- WS-C3560X-24P-E

Switch de 24 puertos con PoE. Se despliegan por pares en cada sede principal y propician la redundancia física de las tarjetas de red de cada host UCS y de cada gateway de voz.

Para más información se puede consultar la web del fabricante Cisco:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-3750-x-series-switches/data_sheet_c78-584733.html



Figura 44: Switch Catalyst C3560X 24 puertos PoE

- CISCO2921/K9

Gateway de voz ISR2. Al menos hay un par de estos routers de voz desplegados en cada sede principal. Propician la integración de la telefonía IP con la PSTN y con la red de telefonía móvil mediante los enlaces E1 conectados a las tarjetas VWIC insertadas en su chasis. También están conectados a su placa base los DSP que proporcionan recursos de medios y soporte a las comunicaciones con la red pública por los E1.

Para más información se puede consultar la web del fabricante Cisco:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/2900-series-integrated-services-routers-isr/data_sheet_c78_553896.html



Figura 45: Gateway de voz C2921

- VWIC3-1MFT-T1/E1 y VWIC3-2MFT-T1/E1

Tarjetas multiflex de tercera generación, de 1 y 2 puertos. Insertadas en los chasis de los gateways de voz Cisco 2921.

Permiten la conexión de los enlaces E1 de los operadores de telefonía fija y móvil, propiciando la integración de la telefonía IP con la PSTN y la red de telefonía móvil.

Para más información se puede consultar la web del fabricante Cisco:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/2800-series-integrated-services-routers-isr/data_sheet_c36-609138.html



Figura 46: Tarjetas VWIC3 de 1x puerto E1 y 2x puertos E1

- PVDM3-32 y PVDM3-64

Módulo de DSPs de 32 canales (2 DSPs) y 64 canales (4 DSPs) respectivamente. Insertados en la placa base de los gateways de voz Cisco 2921.

Estos DSP se usan como recursos de MTP (*Media Termination Point*), TRP (*Trusted Relay Point*), transcoding y/o recursos de conferencia. Además, dan soporte a las comunicaciones con las redes públicas por los E1.

Para más información se puede consultar la web del fabricante Cisco:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/interfaces-modules/voice-modules-interface-cards/data_sheet_c78-553971.html



Figura 47: Módulos PVD3 de DSPs con 32x canales y 64x canales

- VG310

Gateway analógico de 24 puertos. Se despliega uno en cada sede principal.

Propician la integración de los terminales de telefonía analógica como teléfonos, faxes o módems y de líneas analógicas con el sistema de telefonía IP.

Para más información se puede consultar la web del fabricante Cisco:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/unified-communications/vg-series-gateways/product_data_sheet09186a00801d87f6.html

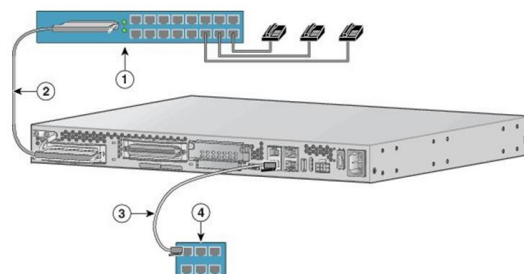


Figura 48: Gateway analógico VG310

- CP-7942G y CP-7962G

Teléfonos IP desplegados por todas las sedes principales y satélites, con dos y seis botones de líneas retroiluminados programables respectivamente.

Para más información se puede consultar la web del fabricante Cisco:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/collaboration-endpoints/unified-ip-phone-7942g/product_data_sheet0900aecd8069bb68.html

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/collaboration-endpoints/unified-ip-phone-7962g/product_data_sheet0900aecd8069bd41.html



Figura 49: Teléfonos IP C7942 y C7962

- CP-8831-EU-K9

Teléfono IP para salas de conferencias desplegado por todas las delegaciones del cliente. Proporciona audio de alta definición y cobertura de 360 grados en salas de todo tamaño y oficinas ejecutivas. Incluye un par de micrófonos extensibles.

Para más información se puede consultar la web del fabricante Cisco:

<http://www.cisco.com/c/en/us/products/collaboration-endpoints/unified-ip-phone-7900-series/datasheet-listing.html>



Figura 50: Teléfono IP para conferencias C8831

- CP-7925G-A-K9

Teléfono IP Wireless. Hay uno en cada sede, principal o satélite. Lo usarán los vigilantes en sus rondas nocturnas beneficiándose de la cobertura WiFi que proporcionan los puntos de acceso de la compañía.

Para más información se puede consultar la web del fabricante Cisco:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/collaboration-endpoints/unified-wireless-ip-phone-7925g/data_sheet_c78-504890.html



Figura 51: Teléfono IP Wireless C7925

- CP-7915 con los soportes de instalación CP-SINGLFOOTSTAND y CP-DOUBLFOOTSTAND

Módulos de expansión en escala de grises que se instalan junto a los teléfonos 7962. Como máximo se admiten dos por terminal 7962. Se ubican en cada una de las sedes del cliente, y son usados a modo de centralita local por los vigilantes del puesto de Recepción.

En las sedes principales, por tener mayor número de usuarios, se usará la configuración del terminal C7962 con dos módulos de expansión adicionales. Para su instalación se hará uso del soporte CP-DOUBLFOOTSTAND.



Figura 52: Teléfono IP C7962 con doble módulo de expansión C7915 y soporte DOUBLFOOTSTAND

En las sedes satélite se usará la configuración del terminal C7962 con un sólo módulo de expansión adicional. Para su instalación se hará uso del soporte CP-SINGLFOOTSTAND.



Figura 53: Teléfono IP C7962 con módulo de expansión simple C7915 y soporte SINGLFOOTSTAND

Para más información se puede consultar la web del fabricante Cisco:

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/collaboration-endpoints/unified-ip-phone-expansion-module-7915/data_sheet_c78-468672.html

ANEXO II: PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

El proyecto fin de carrera está determinado por su ciclo de vida, que se compone de las mismas etapas que el ciclo de vida del proyecto de migración de telefonía sobre el que ha versado este trabajo.

- Etapa I: Inicio del proyecto

Se determina el alcance del proyecto en base a una idea que puede ser considerada como caso de estudio.

Esa idea va tomando forma y se van añadiendo particularidades que la hagan más atractiva. Por lo tanto, se va configurando el proyecto.

Finalmente se establece el SLA, que está definido por la fecha de entrega (*due-date*).

- Etapa II: Planificación del proyecto

Cuando se tiene claro el alcance del proyecto, se inicia un proceso de búsqueda de la información necesaria para poder completar el planteamiento de proyecto establecido en la Etapa I. Es lo que sería la recogida de especificaciones.

Se comienzan a identificar las tareas que compondrán el tronco del proyecto y a estimar su duración óptima para no incumplir los plazos de entrega.

Este período es el momento de búsqueda de asesoramiento externo, si fuera necesario, y hay que tener presentes a los agentes que podrían ayudar a relanzar el proyecto en un momento dado.

Finalmente, en esta etapa hay que valorar los riesgos que podrían evitar la consecución del objetivo, que serán más evitables cuanto más temprana sea su identificación.

- Etapa III: Ejecución del proyecto

Cuando ya están definidas las líneas maestras a tratar en el proyecto y algunas de sus particularidades más importantes, comienza el período temporal en el que más veces se plantea la conveniencia de seguir por un determinado camino o elegir otra alternativa posible.

Como acción previa al desarrollo del proyecto sería preciso tener todo el material necesario preparado, para que cuando haya que usarlo no se incurra en demoras.

Es necesario tratar de aplicar un orden lógico, primero mental y luego físico, a todo el material recogido en la etapa anterior. Se comienzan a identificar dependencias de tareas y otras tareas que perfectamente pueden desarrollarse de forma concurrente. Esto sería lo más parecido a la fase de staging comentada en el proyecto de migración.

Seguidamente, ya se pueden comenzar desarrollar algunos apartados y se comienza a prever cómo será la evolución del proyecto en los siguientes meses. En cierto modo es una especie de fase piloto con su prueba de aceptación particular.

Después de redactar los primeros capítulos y resolver todas las controversias que se hayan creado respecto a la idea original, ya estará formada la línea argumental a desarrollar en las siguientes secciones. Habrá que ir avanzando por capítulos, del mismo modo que se planteaba como opción más lógica la migración por sedes, y por edificios dentro de estas. Cuando una sección completa se finaliza, se revisa a modo de test de aceptación y se continúa con las demás secciones si la valoración es positiva, o se opta por una vuelta atrás si la valoración no es positiva.

- Etapa IV: Documentación, traspaso y cierre del proyecto

Hay que continuar redactando y documentando las siguientes secciones hasta que se tenga la certeza de que el trabajo desarrollado ha logrado plasmar completamente la idea inicial de la primera etapa. Ese es el momento de dar por finalizado el proyecto.

Llegados a este punto, hay que hacer el traspaso oficial del trabajo realizado y afrontar su defensa pública, quedando a la espera de la valoración final y deseando que la firma del acta de cierre del proyecto lo identifique como caso de éxito.

- Planificación temporal

A continuación, la tabla 43 desglosa el tiempo dedicado al desarrollo del proyecto fin de carrera, teniendo en cuenta la división de etapas comentada anteriormente:

Etapa I. Inicio del proyecto		
Sección	Duración (días)	Total Horas
Idea inicial y Alcance del proyecto	7	35
Etapa II. Planificación del proyecto		
Sección	Duración (días)	Total Horas
2. Estado del Arte	2	10
3. Caso de Estudio	2	10
4. Diseño de la Solución Propuesta	3	15
5. Gestión del Proyecto	3	15
Etapa III. Ejecución del proyecto		
Sección	Duración (días)	Total Horas
2. Estado del Arte	1	5
3. Caso de Estudio	2	10
4. Diseño de la Solución Propuesta	3	15
5. Gestión del Proyecto	2	10
Etapa IV. Documentación del proyecto		
Sección	Duración (días)	Total Horas
1. Introducción	2	10
2. Estado del Arte	12	60
3. Caso de Estudio	8	40
4. Diseño de la Solución Propuesta	52	260
5. Gestión del Proyecto	14	70
6. Presupuesto	6	30
7. Conclusiones	2	10
Anexos	3	15
Redactar el resto de la memoria	6	30
Totales	130	650

Tabla 43: Planificación temporal del PFC

ANEXO III: PRESUPUESTO DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

Los materiales hardware y software usados en la planificación y elaboración del proyecto, incluidas las licencias de las aplicaciones, ya estaban a disposición del ingeniero al comienzo del ciclo de vida del proyecto debido a su actividad profesional diaria.

Así pues, el principal activo a cotizar en este proyecto son las horas de ingeniero dedicadas a su desarrollo.

Normalmente han sido horas fuera del horario laboral, por lo que se puede estimar una dedicación promedio de unas cinco horas por día.

En el anexo anterior se muestra que la cantidad total de horas dedicadas al proyecto fin de carrera ha sido de 650h.

El precio de ingeniero de Comunicaciones Convergentes es de 60 € /hora.

Así pues, el coste del proyecto asciende a:

39000 € (TREINTA Y NUEVE MIL EUROS)

GLOSARIO

AAR	Automated Alternate Routing
ACD	Automatic Call Distribution
ATA	Analog Telephone Adaptor
AXL	Administrative XML Layer
BAT	Bulk Administration Tool
BH	Business Hours
BHT	Busy Hour Traffic
CAR	CDR Analysis and Reporting
CDR	Call Detail Record
CFNA	Call Forward No Answer
CNG	Comfort Noise Generation
CTL	Certificate Trust List
Codec	COder-DECoder
CoS	Class of Service
CRM	Customer Relationship Management
CSS	Calling Search Space
CTI	Computer Telephony Integrator
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DID	Direct Inward Dialing
DiffServ	Differentiated Services
DMZ	Demilitarized Zone
DNS	Domain Name System
DoS	Deny of Service
DSCP EF	Differentiated Services Code Point - Expedited Forwarding
DSP	Digital Signal Processor
ERP	Enterprise Resource Planning
GSM	Group Switching Module
GUI	Graphic User Interface
HA	High Availability
HLD	High Level Design
Hotspot	Punto que ofrece accesos a internet a través de una red inalámbrica y un router conectado a un ISP
ICCS	Intra-Cluster Communications Signaling
IETF	Internet Engineering Task Force
IMAP	Internet Message Access Protocol
IOS	Internetwork Operating System
IP	Internet Protocol
ISP	Internet Service Provider
ISR2	Integrated Services Router Generation 2

ITU	International Telecommunication Union
IVR	Interactive Voice Response
Jitter	Variación de latencia
LAN	Local Area Network
LCR	Least Cost Routing
LDAPS	Lightweight Directory Access Protocol over SSL
LIM	Line Interface Module
LLD	Low Level Design
LLQ	Low Latency Queuing
LSC	Locally Significant Certificate
MGCP	Media Gateway Controller Protocol
MIB	Management Information Base
MISTP	Multiple Instance Spanning Tree Protocol
MMUSIC	Multiparty Multimedia Session Control
MoH	Music on Hold
MOS	Mean Opinion Score
MPLS	Multiprotocol Label Switching
MTP	Media Termination Point
NBH	Non Business Hours
NTP	Network Time Protocol
PBX	Private Branch Exchange
PCM	Pulse-Code Modulation
Phising	Suplantación de identidad
PoE	Power over Ethernet
PQ	Priority Queuing
QoS	Quality of Service
ROI	Return On Investment
RSTP	Rapid Spanning Tree Protocol
RTC	Red Telefónica Conmutada
RTCP	Real Time Control Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
RTT	Round Trip Time
SAN	Storage Area Network
SCCP	Skinny Call Control Protocol
SDP	Session Description Protocol
SFTP	Simple File Transfer Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SLA	Service Level Agreement
SNR	Single Number Reach
SRST	Survivable Remote Site Telephony
SRTP	Secure Real-time Transport Protocol
TAPS	Tool for Auto-registered Phone Support
TDM	Time Division Multiplexing

TEHO	Tail-End Hope-Off
TLS	Transport Layer Security
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
ToS	Type of Service
TRP	Trusted Relay Point
TUI	Telephony User Interface
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UCS	Unified Computing System
URI	Uniform Resource Identifier
VAD	Voice Activity Detection
VLAN	Virtual LAN
VoIP	Voice Over Internet Protocol
VPN	Virtual Private Network
WFQ	Weighted Fair Queuing
XML	eXtensible Markup Language

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Dr Ing. J. Joskowicz, “Voz, video y telefonía sobre IP”, de Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República – Montevideo (Uruguay), Agosto 2013.
- [2] “Telephony using Cisco UCM - Technology Design Guide”, de Cisco Validated Design, Agosto 2013.
- [3] D. Hartmann (CCIE No. 15651), Authorized Self-Study Guide “Implementing Cisco Unified Communications Manager, Part I (CIPT1)”, de Cisco Press, Mayo 2008.
- [4] J. Cioara (CCIE No. 11727), M. Valentine (CCNP, CCVP), “CCNA Voice 640-461”, Official Certification Guide, Second Edition, de Cisco Press, Enero 2012.
- [5] “CCNA Voice Mega Guide”, de Prep Logic Inc, Febrero 2010.
- [6] J.A. Carballar, “VoIP. La telefonía de internet”, de Paraninfo, Febrero 2008.
- [7] S. Felici, Dr. Sistemas y Servicios Telemáticos, “Evaluación de mecanismos de calidad de servicio en los router para servicios multimedia”, Univ. Politécnica de Madrid.
- [8] I. Cabera, “Convergencia hacia la telefonía IP en la Universidad”, Jornadas Técnicas Red Iris 2003, Noviembre 2003.
- [9] J.I. Moreno, I. Soto, D. Larrabeiti, Dres. Ing. Telecomunicaciones, “Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre redes IP”, Departamento Ingeniería Telemática, Universidad Carlos III de Madrid
- [10] “How to collect chassis Information (including the chassis serial Number) for routers and Catalyst switches using SNMP”, Document ID 13494, de Cisco Press, Julio 2007.
- [11] “Pulse Code Modulation (PCM) of voice frequencies”, General aspects of digital transmission systems – Terminal equipments, ITU-T Recomendación G.711 (11/88)
- [12] “Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (CS-CELP)”, Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks, Digital terminal equipments – Coding of voice and audio signals, ITU-T Recomendación G.729 (06/12)
- [13] “Q.931: ISDN user-network interface layer 3 specification for basic call control”, Series Q: Switching and Signaling – Digital Subscriber Signaling System No. 1 – Network Layer, ITU-T, Recomendación Q.931 (05/98)
- [14] “Packet-based multimedia communications systems”, Series H: Audiovisual and Multimedia Systems, infrastructure of audiovisual services – Systems and terminal equipment for audiovisual services, ITU-T, Recomendación H.323 (12/09)
- [15] F. Andreassen, B. Foster (Cisco Systems), RFC3435 “Media Gateway Control Protocol (MGCP)”, Versión 1.0, Enero 2003.
- [16] H. Schulzrinne (Columbia Univ.), S. Casner, V. Jacobson (Packet Design), R. Frederick (Blue Coat Systems Inc., RFC3550 “RTP”, IETF, Julio 2003.

- [17] J. Rosenberg, R. Sparks (Dynamicsoft), H. Schulzrinne (Columbia Univ.), G. Camarillo (Ericsson), A. Johnston (WorldCom), J. Peterson (Neustar), M. Handley (ICIR), E. Schooler (AT&T), RFC3261 “SIP Session Initiation Protocol”, IETF, Junio 2002.
- [18] “Cisco Unified Communications System Release 8.x SRND”, [En Línea], de Cisco Press, Julio 2012, http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice_ip_comm/cucm/srnd/8x/uc8x.pdf, Cisco Web Site, [Último acceso: Octubre 2015].
- [19] “Cisco Unified Contact Center Express Solution Reference Network Design (SRND)”, [En Línea], de Cisco Press, Enero 2013, http://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/voice_ip_comm/cust_contact/contact_center/crs/express_8_5/design/uccx851srnd.pdf, Cisco Web Site, [Último acceso: Octubre 2015].
- [20] “Codecs – Tabla resumen de codecs”, [En Línea], <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>, Voipforo Web Site, [Último acceso: Octubre 2015]
- [21] “El futuro de las Comunicaciones Unificadas y la Colaboración en España”, [En Línea], Dimension Data y Ovum, estudio global, Enero 2015, <https://www.dimensiondata.com/ja-jp/Solutions/UCC/pdfs/The%20Future%20of%20Unified%20Communications%20and%20Collaboration%20Spain%20Report.pdf>, Dimension Data Web Site, [Último acceso: Octubre 2015].
- [22] “Cisco Unified Communications Manager Security Guide”, release 8.6(1), [En Línea], de Cisco Press, Enero 2011, http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice_ip_comm/cucm/security/8_6_1/secugd/sec-861-cm.pdf, Cisco Web Site, [Último acceso: Octubre 2015].
- [23] “¿Qué es una Central Telefónica PBX?”, [En Línea], <http://www.3cx.es/voip-sip/central-telefonica-pbx/>, 3cx Web Site, [Último acceso: Octubre 2015]
- [24] “Troubleshooting Guide for Cisco Unified Communications Manager”, release 8.6(1), [En Línea], de Cisco Press, Mayo 2011, http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice_ip_comm/cucm/trouble/8_6_1/trbl861.pdf, Cisco Web Site, [Último acceso: Octubre 2015].
- [25] “How small and medium-size firms migrating to VoIP technology can create significant value”, [En Línea], NEC viewpoint paper, Febrero 2008, http://www.telecomoptions.com/PDF/VoIP_VP.pdf, Telecomoptions Web Site, [Último acceso: Octubre 2015].
- [26] “Understanding Jitter in Packet Voice Networks (Cisco IOS Platforms)”, [En Línea], Document ID 18902, Cisco Systems, Febrero 2006, <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/18902-jitter-packet-voice.html>, Cisco Web site, [Último acceso: Octubre 2015]
- [27] “Design guide for Cisco Unity Connection”, release 8.x, [En Línea], de Cisco Press, Abril 2014, http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice_ip_comm/connection/9x/design/guide/9xcucdgcx.pdf, Cisco Web Site, [Último acceso: Octubre 2015]
- [28] “Funcionamiento de un codec - G711”, [En Línea], <http://www.voipforo.com/codec/codec-g711--ley.php>, Voipforo Web Site, [Último acceso: Octubre 2015]